

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

НОЦ И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Наукоемкие технологии измерений и управления в теплотехнике

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Автоматизированная система управления процессами топливоприготовления и топливоподачи водогрейного котла

УДК 681.51:621.181.2-6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ6Д	Ляховская Ольга Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Глушков Д.О.	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.04.01	Стрижак П.А.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2018 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
магистра по направлению в соответствии целями основной образовательной
программы, видами и задачами профессиональной деятельности, указанными в
ФГОС ВО 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
<i>расчетно-проектная и проектно-конструкторская деятельность:</i>	
P1	применять передовые знания и достижения для формулирования заданий на разработку проектных решений, проектировать инновационные теплоэнергетические и теплотехнические системы и оборудование, разрабатывать проектные решения, связанные с модернизацией технологического оборудования
<i>производственно-технологическая деятельность:</i>	
P2	интегрировать знания различных областей для разработки мероприятий по совершенствованию технологии производства, обеспечению экономичности, надежности и безопасности эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования
P3	применять современные методы и средства практической инженерной деятельности в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях, автоматизированных систем управления технологическими процессами
<i>научно-исследовательская деятельность:</i>	
P4	применять глубокие знания для планирования и постановки задачи инновационного инженерного исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки, применять инновационные методы исследования, проводить исследования, критически интерпретировать, публично представлять и обсуждать результаты научных исследований
<i>организационно-управленческая деятельность:</i>	
P5	руководить коллективом специалистов различных направлений и квалификаций, действовать в нестандартных ситуациях, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность при организации работ, в том числе по осуществлению надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию установок, систем и оборудования
P6	применять знания нетехнических ограничений инженерной деятельности, разрабатывать мероприятия по безопасности жизнедеятельности персонала и населения, предотвращать экологические нарушения
<i>педагогическая деятельность:</i>	
P7	осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки
Универсальные компетенции	
P8	мыслить абстрактно, обобщать, анализировать, систематизировать и прогнозировать, принимать решения в сложных инженерных задачах с технической неопределенностью и недостатком информации
P9	использовать творческий потенциал, саморазвиваться, самореализовываться
P10	использовать иностранный язык для эффективного взаимодействия в профессиональной сфере

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль: Наукоемкие технологии измерений и управления в теплотехнике

НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Стрижак П.А.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

_____ магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ6Д	Ляховской Ольги Евгеньевне

Тема работы:

Автоматизированная система управления процессами топливоприготовления и топливоподачи водогрейного котла

Утверждена приказом директора Инженерной школы энергетиков (дата, номер)

01.02.20118, №570/с

Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Процесс подготовки твердого топлива для сжигания в топке котла включает подачу и транспортировку диспергированного угля в котел. При разработке автоматизированной системы управления процесса топливоподачи для сжигания в топке котла предусмотрено использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системой.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1) Анализ методов, режимов подготовки твердого топлива к сжиганию. 2) Монтаж экспериментального стенда, разработка методики. 3) Проведение экспериментальных исследований. 4) Анализ полученных результатов. 5) Описание объекта автоматизации. 6) Разработка структурной схемы автоматизированной системы управления. 7) Разработка функциональной схемы автоматизированной системы управления.

	8) Составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации. 9) Разработка принципиальной электрической схемы щита управления и перечня элементов щита управления. 10) Разработка сборочного чертежа щита управления и спецификации на щит управления. 11) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 12) Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1) Схема функциональная. 2) Схема электрических соединений щита управления. 3) Схема общего вида щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Н.Г. Кузьмина, Старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук
Социальная ответственность	М.В. Василевский, к.т.н., доцент Отделения контроля и диагностики
Английский язык	Ю.И. Исакова, к.т.н., доцент Отделения иностранных языков
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Анализ систем топливоприготовления и топливоподачи	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
НОЦ И.Н. Бутакова	Заворин А.С.	Д.Т.Н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ6Д	Ляховская Ольга Евгеньевна		

Реферат

Магистерская диссертационная работа 87 с., 14 рис., 22 табл., 39 источника, 3 прил.

Ключевые слова: диспергированный уголь, водогрейный котел, топливоприготовление, топливоподача, автоматизированная система управления.

Цель настоящей работы – разработка АСУ ТП топливоприготовления и топливоподдачи водогрейного котла на основе результатов исследования процесса диспергирования частиц твердого топлива в условиях интенсивного нагрева.

Экспериментально исследовано диспергирование частиц угля (разной степени метаморфизма) размерами 2–6 мм при интенсивном кондуктивном нагреве. Установлены закономерности физико-химических процессов, значения основных характеристик процесса диспергирования. Выявлены максимальные размеры частиц твердого топлива, при диспергировании которых образуется группа частиц с размерами, характерными для типичных водогрейных котлов.

При разработке автоматизированной системы управления процесса топливоподдачи для сжигания в топке котла предусмотрено использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системой.

Степень внедрения: результаты работы предполагается использовать при реализации системы подготовки твердого топлива к сжиганию в водогрейных котлах.

Область применения: топливно-энергетический сектор.

Экономическая эффективность/значимость работы: процесс диспергирования угля при сжигании топлива позволит существенно упростить процесс топливоприготовления, в результате чего годовые затраты снизятся на 28,9 %.

Список сокращений и обозначений

АРМ – автоматизированное рабочее место оператора;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ТШП – топка с шурующей планкой;

τ_d – время задержки зажигания, с;

τ_c – время полного сгорания, с.

Оглавление

Введение.....	9
1 Анализ систем топливоприготовления и топливоподачи.....	10
2 Объект автоматизации	16
3 Описание методики исследования и экспериментального стенда.....	26
4 Разработка структурной схемы.....	34
5 Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации	36
5.1 Разработка функциональной схемы	36
5.2 Выбор оборудования.....	38
5.2.1 Выбор датчиков температуры.....	38
5.2.2 Выбор датчиков давления	41
5.2.3 Выбор расходомеров.....	42
5.2.4 Выбор сигнализаторов уровня.....	43
5.2.5 Выбор газоанализатора.....	44
5.2.6 Выбор преобразователя частоты	45
5.2.7 Выбор контроллера	48
6 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления и перечня элементов щита управления	52
7 Разработка общего вида шкафа управления.....	53
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	55
9 Социальная ответственность	71
9.1 Профессиональная социальная безопасность	72
9.2 Экологическая безопасность.....	77
9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
9.4 Законодательное регулирование проектных решений.....	80
Заключение	83
Список использованных источников	84

ПРИЛОЖЕНИЕ А Analysis of fuel preparation and fuel delivery systems

Description of the research methodology and experimental stand

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

ПРИЛОЖЕНИЕ В Перечень элементов принципиальной электрической схемы соединений

Графический материал:

На отдельных листах

ФЮРА.421000.004 С2 Схема функциональная

ФЮРА.421000.004 Э3 Схема электрических соединений шкафа управления

ФЮРА.421000.007 ВО Общий вид шкафа управления

Введение

Усилия, направленные на поиск нетрадиционных источников энергетических ресурсов, при постоянно возрастающем спросе на энергию, все равно приводит к наиболее надежным топливно-энергетическим составляющим, топливу являющимся теплоносителям в энергетике в большинстве стран мира – углю [1]. В энергетической стратегии России до 2020 г. [2] предусматривается увеличение доли потребления угля в энергетической отрасли, за счет ввода угольных ТЭС. При этом доля угля должна возрасти до 44,4 % в структуре потребления топлива, но механизмы по осуществлению программы работают плохо, так как последние десятилетия был запущен процесс замещения угля природным газом.

В мире доля угольной генерации составляет 40 %, в Польше 96 %, Китае 80 %, США 50 %. В России, способной обеспечить потребность страны на 5-6 столетий, на данный момент доля угольной генерации всего 18 %. Угли Сибирских месторождений представлены различными от бурых до антрацитов и в полном марочном составе [3].

Традиционные методы сжигания углей характеризуются большим уровнем высоких выбросов антропогенных веществ и не позволяют повысить коэффициент полезного действия. Существует необходимость сжигания и подготовки твердого топлива альтернативными методами, обеспечивающими полное сгорание топлива со слоевым сжиганием в водогрейных котлах [4].

Одним из решений этой проблемы является сжигание углей в топках высокотемпературного кипящего или интенсивно продуваемого слоя. Такая конструкция позволяет организовать в слое интенсивную циркуляцию частиц топлива, что позволяет снизить температуру дымовых газов за котлом и тем самым повысить КПД котла. Процессы диспергирования, характерные при нагревании для углей высокой степени метаморфизма, являются необходимой операцией для повышения эффективности технологического процесса. Исходные частицы топлива диспергируют на несколько частиц соизмеримого размера. Все это улучшает экологические характеристики процесса.

1 Анализ систем топливоприготовления и топливоподачи

В современных котельных агрегатах и печах до 50 % теплоты, выделенной в топке, передается поверхностям нагрева излучением. В топочной технике обычно используют следующие основные способы сжигания твердого топлива: слоевой, факельный (камерный), вихревой и сжигание в кипящем слое. Каждый из этих способов имеет свои особенности, касающиеся основных принципов организации аэродинамических процессов, протекающих в топочной камере.

Диспергирование различных твёрдых тел осуществляют с целью придания им требуемых технологических свойств изменения физических параметров, повышения химической активности. Одним из возможных способов активации углей является измельчение. Процессы диспергирования углей являются необходимой операцией для повышения эффективности технологического процесса в результате изменения свойств углей при диспергировании [16].

При постановке задачи [15] в приповерхностном слое твердого топлива выделяется область решения прямоугольной формы. Предполагается, что уголь представляет собой структурно-неоднородную среду, основными компонентами которой являются минеральная (неразлагающаяся в условиях высоких температур) и органическая части. Рассматриваются достаточно типичная структура элементарной (малой по размерам) области, состоящей из пяти основных элементов. Верхняя, нижняя и боковые границы области моделирования являются границами прямоугольных элементов малой толщины, представляющих собой непроницаемые фрагменты минеральной части (например, окислы железа). Внутри области расположен пятый элемент прямоугольной формы – органическая часть топлива, разлагающаяся при нагреве до высоких температур с образованием газообразных и твердых продуктов термического разложения. Сформулирована физическая модель процесса тепломассопереноса в такой «ячейке» твердого топлива в условиях

интенсивного подвода теплоты. При достижении температуры начала термического разложения органической части твердого топлива начинается его пиролиз, скорость которого экспоненциально зависит от температуры. Газообразные продукты термического разложения накапливаются в пористой структуре рассматриваемой «ячейки» твердого топлива, поры образуются неравномерно по всей органической части топлива. По мере удаления от поверхности нагрева пористость уменьшается. В результате интенсивного газопритока в замкнутом объеме, ограниченном непроницаемой минеральной частью, растет внутрипаровое давление. На элемент «ячейки» твердого топлива разделяющий внешнюю (топочную) среду и пористую часть твердого топлива, действуют напряжения, обусловленные перепадом давления. Если эти напряжения превышают предел прочности твердого топлива при соответствующей температуре происходит разрушение одиночного фрагмента приповерхностного слоя топлива – диспергирование.

Автором [17] проведено исследование влияния механических воздействий при диспергировании на химические превращения органических веществ углей, обнаружены механоэмиссионные явления, сопровождающиеся разрушением углей. Исследовано влияние среды и времени измельчения на физико-химические свойства диспергированных углей. Механохимическая модификация углей является одним из способов направленного изменения их строения и свойств, получения новых продуктов с повышенной реакционной способностью и может найти применение в технологии переработки углей.

В [18] предложена конструкция сжигания топлива в высокотемпературном кипящем слое топки, повышающая КПД котла. За счет интенсивной циркуляции частиц топлива, в кипящем слое ликвидируются зоны локального фонтанирования, вследствие чего снижается унос из слоя топлива. Уменьшается температура дымовых газов за котлом, т.к. котел выполнен трехходовым по ходу дымовых газов, за счет чего повышается КПД котла.

Красноярским политехническим институтом совместно с ТЭЦ-1 был запатентован способ воспламенения пылевоздушной смеси. Для повышения эффективности воспламенения и стабилизации процесса горения была разработана новая конструкция запальника [6], в результате чего получилось многоступенчатое воспламенение угольной пыли. Электрозапальник малой мощности (1,5 кВт) был установлен внутри трубопровода (диаметр 219 мм), подводящего пылевоздушную смесь к предтопке (рисунок 1).

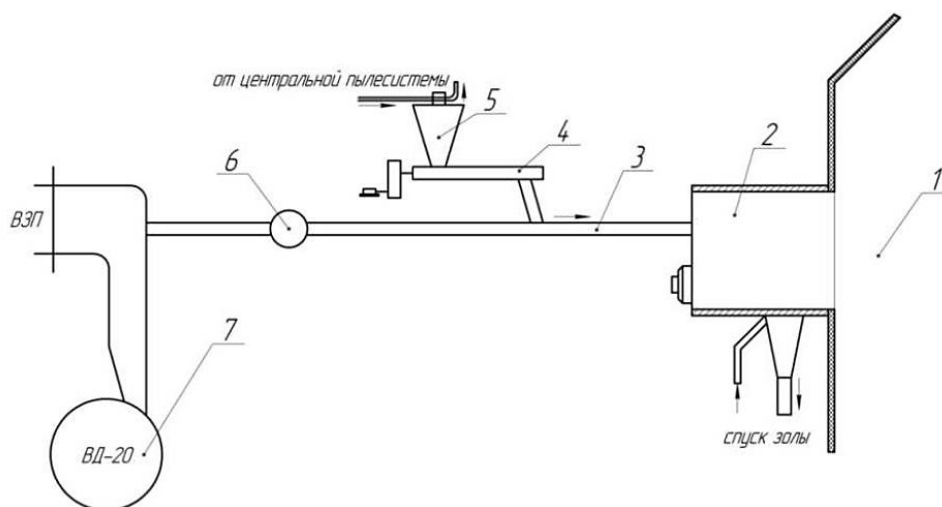


Рисунок 1 – Схема системы электрорастопки котлов Красноярской ТЭЦ-1:
1 – топочная камера котла; 2 – муфельный пред-топок; 3 – пылепровод; 4 –
питатель угольной пыли; 5 – бункер пыли; 6 – дутьевой вентилятор; 7 –
вентилятор высокого давления

Конструкция запальника выполнена из двух трубок из высоколегированной стали, для снижения охлаждающего эффекта запальника холодным пылевоздушным потоком. Первая ступень – это искрообразование в трубочках электронагревателя, вторая ступень – это частичное воспламенение топлива в конце защитной трубы запальника (образовался язык пламени), третья ступень – это воспламенение пылевоздушной смеси в предтопке и частичное сгорание и газификация

топлива в нем и четвертая ступень – это полное сгорание топлива в топочной камере котла.

Известны результаты численного моделирования горелочных устройств с предварительной термической подготовкой потока угольной пыли в условиях тепловых электростанций для сжигания бурых углей Канско-Ачинского бассейна [9]. Выполнено численное моделирование муфельной части горелочного устройства с целью уточнения конструкции и определения необходимых режимов работы исследуемого объекта.

Авторами [7] рассмотрены возможности использования полученного электротермической газификацией синтез-газа для безмазутной подсветки факела пылеугольных котлов, которая позволяет улучшить экономические и экологические характеристики котлоагрегатов. Электротермические газификаторы могут работать непрерывно несколько месяцев, что является преимуществом по сравнению с плазменной подсветкой [8].

В [10] обоснована необходимость разработки новых технологий топливоиспользования. Одной из перспективных считается технология плазменного воспламенения [10–11, 19] и сжигания углей, которая позволяет перейти дорогостоящего жидкого топлива на более дешевый уголь. Авторы [10] рассказывают об испытаниях данной технологии на ТЭС разных стран, таких как: Россия, Казахстан, Китай, Украина, Монголия, Корея, Словакия, Сербия. В статье представлены теоретические методы плазменного воспламенения, термохимической подготовки, сжигания и газификации углей.

В [11] приведены результаты экспериментальных и расчетных исследований плазменного воспламенения угля на основе его термохимической подготовки применительно к процессам растопки котла и стабилизации горения факела. На созданном стенде с горелкой промышленного масштаба определены условия плазменного воспламенения низкорекреационного высокозольного антрацита в зависимости от концентрации угля в аэросмеси и ее скорости. На основе расчетов получено

важное в практических приложениях уравнение для определения энергозатрат на плазменное воспламенение угля в зависимости от основных технологических параметров процесса. Испытания выявили трудности, возникающие при растопке котла с прямой подачей угольной пыли из мельницы в топку. Авторами предложена схема, позволяющая снизить энергозатраты на воспламенение угля и повысить надежность процесса растопки такого котла. Приведены результаты расчета плазменной термохимической подготовки угля при пониженной концентрации кислорода в аэросмеси.

Изобретение по растопки энергетического котла углем было сделано группой ученых [12]. Заключается в выделении части аэросмеси из общего потока, ее термоподготовке и последующем смешении продуктов этого процесса с остальной частью аэросмеси в топочном пространстве, позволяющее улучшить воспламенение и выгорание топлива, снизить механический недожог. Задача решается путем добавления в установку нового конструктивного элемента, а именно внутренней трубы, внутри которой производится термоподготовка топлива, с устройством для регулирования соотношения частей аэросмеси, направляемой во внутреннюю трубу на термоподготовку, и аэросмеси, обтекающей внутреннюю трубу снаружи.

Вариантом ориентирующей на сжигание угля системы безмазутной растопки пылеугольного котла является организация сжигания в растопочно-подсветочных горелках угольной пыли особо мелкого помола, получаемой или в специальных угольных мельницах малой производительности или путем выделения мелкой фракции из пыли обычного помола. Такие решения уже применяются в практике зарубежных стран, они позволяют существенно уменьшить тепловую мощность используемых электровоспламенителей (плазмотронов, калильных свечей и т.п.). Подробная характеристика системы изложена в [13].

В настоящее время внедряются в теплоэнергетике системы плазменной растопки котлов, в которых дуговые плазменные генераторы (плазматроны), затрачивая электроэнергию в количестве не более 5 процентов от потребленного для растопки котла, осуществляют первоначальный разогрев огнеупора муфелизированной растопочной горелки, в которой происходит воспламенение и частичное сгорание угольной пыли стандартного помола. За счет горения угольной пыли в муфеле, при рациональном его конструктивном исполнении, поддерживается температура, достаточно высокая, чтобы обеспечить непрерывную инициацию горения угля даже при снижении потребления энергии плазматроном. Такого рода системы [5] достаточно положительно зарекомендовали себя при их эксплуатации на ряде отечественных и зарубежных электростанций и их безусловная экономичность по сравнению с традиционным мазутным розжигом не подвергается сомнению.

В статье [14] авторами рассматриваются неблагоприятные факторы, при работе системы плазменного розжига и стабилизации горения угольного топлива. Для решения данной проблемы разрабатываются новые плазменные технологии розжига и подсветки пылеугольного топлива, но негативное воздействия данных факторов на окружающую среду они уменьшают незначительно. При использовании метода плазменного розжига и подсветки выделяются в большом количестве пары, аэрозоли сложного химического состава, токсичные газы и взвешенные частицы, которые глубоко проникают в дыхательные пути, так как имеют большую степень дисперсности.

2 Объект автоматизации

Котел водогрейный твердотопливный КВм-2,5 с ТШП мощностью 2,5 МВт. Предназначен для получение горячей воды номинальной температурой на выходе из котла 110 °С рабочим давлением до 0,6 МПа, используемой в системах централизованного и местного теплоснабжения на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, а также для производственно-технологических нужд.

Водогрейные котлы КВм с ТШП предназначены для работы в открытых и закрытых системах теплоснабжения с принудительной циркуляцией воды (рисунок 2). В таблице 1 приведены основные параметры водогрейного котла.



Рисунок 2 – Водогрейный котел твердотопливный КВм-2,5

Основными элементами котла являются блок котла, зажигательный пояс, топка с шурующей планкой ТШП и экономайзер ЭД-2. Блок котла, установленный на топке ТШП, представляет собой сварную газоплотную конструкцию, содержащую топочную и конвективную части, образованные экранами, выполненными из стальных труб, соединенных между собой перепускными патрубками, расположенными тангенциально к осям экранных труб.

Таблица 1 – Основные технические характеристики водогрейного твердотопливного котла КВм-2,5 с ТШП

Наименование параметра	Котел водогрейный твердотопливный КВм с ТШП производства ООО «ТП ВТЭК»
Маркировка по ГОСТ	КВр-2,5 с ТШП
Теплопроизводительность	2,5 МВт
КПД	84 %
Вид топлива	Каменный уголь, антрацит, влажный бурый уголь
Объем отапливаемого помещения	62500 м ³
Температура воды на выходе в котел	110 °С
Температура воды на входе из котла	40 °С
Рабочее давление	0,6 МПа
Температура уходящих газов	160–200 °С
Номинальный расход воды через котел	88,6 м ³ /час
Расход воды через топку ТШП	7–10 м ³ /час
Габаритные размеры котла в обмуровке	
Длина / с учетом топки ТШП, экономайзера	3930/8810 мм
Ширина/ с учетом топки ТШП, экономайзера	2420/3210 мм
Высота/ с учетом топки ТШП, экономайзера	2100/3700 мм
Масса котла без воды	12500 кг

Топочные экраны образуют радиационную поверхность нагрева котла, экраны конвективной части – конвективную поверхность. Конвективная часть выполнена многоходовой обеспечивающей эффективный теплосъем от

уходящих дымовых газов. Газоотводящий канал котла предусмотрен на задней части блока котла. Теплоизоляция блока котла – легкая натрубная выполнена из теплоизоляционных плит и прошивных матов из минеральной ваты облицованных профильным листом.

Зажигательный пояс состоит из трех рам левой, правой и задней. В задней раме выполнена топочная дверца для доступа в топочную часть котла. Зажигательный пояс поддерживает стабильно высокую температуру в слое, что является необходимым условием для зажигания топлив имеющих плохую воспламеняемость (антрацит, влажный бурый уголь).

Экономайзер ЭД-2 – дымогарный, 2-х ходовой по дымовым газам, не отключаемый по воде от котла (подсоединяется к котлу без запорной арматуры). Экономайзер состоит из вертикально расположенного корпуса, двух крышек верхней и нижней, четырех стоек. Принципом работы экономайзера является теплообмен между уходящими дымовыми газами из котла и водой проходящей внутри корпуса экономайзера. Это позволяет увеличить производительность котла и понизить температуру уходящих газов.

Механическая топка с шурующей планкой прямого хода ТШПм состоит из топочного блока на раме, неподвижных и подвижных колосников, бункера подачи топлива, шурующей планки и вентилятора. Топливо подается транспортером углеподачи, через бункер подачи топлива поступает на шурующую планку и сжигается в слое на водоохлаждаемой трубной колосниковой решетке. Шурующая планка предотвращает спекание топлива и одновременно распределяет топливо по колосниковой решетке. Под решеткой организованы три зонные камеры, куда подается воздух для горения. Воздух под колосниковую решетку и на вторичное дутье подается от одного вентилятора топки. Удаление шлака с колосниковой решетки происходит за счет движения шурующей планки, которая приводится в движение приводом. Удаление шлака производится транспортером шлакозолоудаления. Механизм топки ТШП полностью автоматизирован, что

исключает необходимость постоянного присутствия рабочего персонала в котельном зале.

Управление автоматизированными системами котла предусматривается с выносного пульта (шкафа) управления, позволяющего задавать алгоритмы работы оборудования, обеспечивать диспетчеризацию и удаленное управление по средствам каналов связи.

Для удобного технического обслуживания, эксплуатации и очистки конвективных поверхностей нагрева и зольника наклонных колосников топки от сажистых и золовых отложений предусмотрены технические люки на блоке котла (верхние и боковые технические люки).

Основные характерные особенности оборудования

Котлы КВм с ТШП работают на искусственной уравновешенной тяге. В комплект поставки котла включаются тягодутьевые механизмы.

Котлы КВм с ТШП работают без накипи на воде любой жесткости без применения дополнительных средств химводоподготовки и деаэрации. Работа котла на воде любой жесткости обеспечивается запатентованной конструкцией котла (патент № 2150047) [20]. Данная технология представляет собой вращение воды вокруг оси трубы за счет перепускных патрубков, имеющих поперечные сечения щелевидной формы.

Котлы КВм с ТШП изготавливаются в соответствии с ГОСТ 30735-2001 и соответствуют требованиям ТР ТС 010/2011 согласно декларации о соответствии ТС N RU Д-RU.АЛ16.В.47208 от 08.12.2015.

Объектом автоматизации являются тракты топливоприготовления и топливоподачи водогрейного котла КВр-2,5, рассчитанного на работу на угле с твердым шлакоудалением. Рассматриваются параметры зависящие от расхода топлива, участок регулирования расходом топлива.

Котел как объект управления может быть представлен в виде последовательного соединения простых участков, разграниченных конструктивно. Совместно эти участки являются динамической системой с множеством взаимосвязанных входов и выходов. Поэтому расход топлива

необходимо рассматривать в совокупности с другими зависимыми параметрами.

Топливное хозяйство тепловой станции представляет собой сооружения, устройства и механизмы, необходимые для приема, разгрузки, хранения, перемещения и подачи топлива в котельные и топки котлов, а также для его обработки и подготовки к сжиганию. Схема топливного хозяйства, условия и особенности его работы в каждом конкретном случае определяются многими факторами, основными из которых являются:

- 1) вид, свойства и способ сжигания топлива;
- 2) производительность котельной и ее расположение;
- 3) способ доставки топлива.

Вид топлива, сжигаемого в котельной, и схема топливного хозяйства оказывают существенное влияние на общую компоновку генерального плана и теплостанции. В общем случае топливное хозяйство разделяется на следующие участки: узел доставки и приема поступающего топлива (разгрузка); склады топлива; устройства для подачи топлива в помещение теплостанции; первичная подготовка топлива; учет прибывающего и расходующего топлива; подготовка топлива к сжиганию; подача топлива в топку котла.

Топливное хозяйство должно обеспечивать надежную бесперебойную подачу необходимого количества топлива к тепловым станциям. При проектировании необходимо предусматривать: механизацию и автоматизацию всех процессов, связанных с транспортированием, разгрузкой, хранением, подготовкой к сжиганию и подачей в бункера котлов и в топки; обеспечение минимальной величины непроизводительных потерь топлива; уменьшение капиталовложений (начальных затрат) и эксплуатационных расходов на топливное хозяйство котельной. Топливное хозяйство промышленных и отопительных теплостанций (котельных) при сжигании твердого топлива наиболее сложное и дорогое. Технологическая схема компоновки оборудования топливного хозяйства имеет вид

(рисунок 3): все поступающее топливо, пройдя вагонные весы 1, помещение для размораживания вагонов топлива в зимнее время 2, приемно-разгрузочное устройство 3, дробильную установку 4, направляется в бункер 6 или на склад 5. Питание бункеров может вестись со склада 5 или непосредственно после разгрузки топлива через дробильную установку 4.

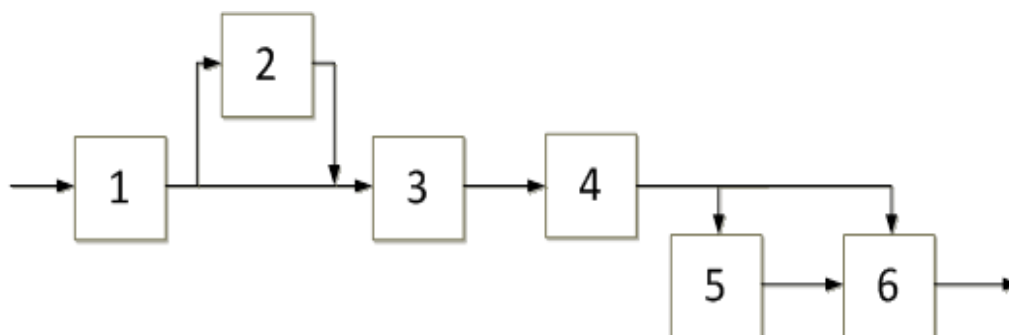


Рисунок 3 – Схема компоновки оборудования топливного хозяйства: 1 – вагонные весы, 2 – помещение для размораживания топлива, 3 – приемно-разгрузочное устройство, 4 – дробильная установка, 5 – склад, 6 – бункер сырого угля

В водогрейном котле КВм-2,5 с ТШП могут сжигаться марки угля: антрацит, тощий, бурый, каменный. Основные характеристики марок угля приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики марок угля

Марки угля	Буквенное обозначение соответственных марок	Количество углерода, %	Летучие вещества, выход, %	Низшая теплота сгорания, МДж/кг
Бурый	Б	76 и меньше	41 и больше	16,3-18,8
Антрацит	А	91 и больше	меньше 8	25,1-31,4
Тощий	Т	90	10-15	20,9-27,2
Каменный	К	75 и больше	2-45	27,2-35,9

Эффективное сжигание твердого мелкозернистого (1...20 мм) топлива может быть достигнуто при использовании принципа кипящего слоя. При подаче воздуха под решетку плотный фильтруемый слой при определенных скоростях воздуха начинает расширяться, и при некотором дальнейшем увеличении скорости воздуха частицы приходят в движение.

Объем слоя в результате этого увеличивается в 1,2–1,8 раза зависимости от интенсивности дутья и размера частиц топлива. Частицы топлива совершают возвратно-поступательное движение по высоте слоя, превращая слой топлива в подобие кипящей жидкости (рисунок 4а). По мере выгорания мелкие частицы выносятся в объем топки и там сгорают.

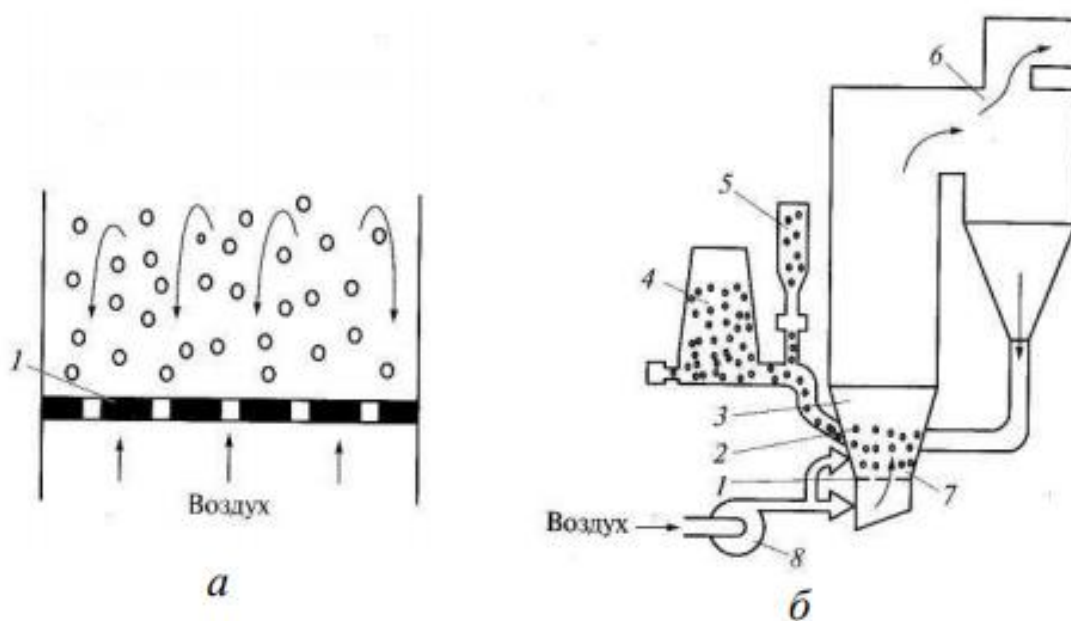


Рисунок 4 – Топки для сжигания топлива в кипящем слое: а – схема сжигания топлива; б – конструкция с высокотемпературным циклоном; 1 – решетка; 2 – топливо; 3 – топка; 4 – бункер угля; 5 – бункер присадки; 6 – высокотемпературный циклон; 7 – погруженная поверхность нагрева; 8 – вентилятор

В кипящем слое в отличие от плотного слоя температура горения ниже (до 1000...1200 °С). Температуру кипящего слоя поддерживают на уровне, исключающем плавление золы, во избежание шлакования слоя. Это может

быть достигнуто установкой в слое охлаждающих поверхностей, рециркуляцией дымовых газов. Кусочки топлива в кипящем слое интенсивно обдуваются воздухом, что способствует высокой скорости их сжигания.

На рисунке 4б показана схема топki с кипящим слоем, в которой топливо из бункера 4 подается в топку 3 на решетку 1. Под решетку вентилятором 8 нагнетается воздух. Из бункера 5 в топливо добавляется размолотый доломит для связывания образующихся при сжигании оксидов серы. Крупные частицы топлива, уносимые из топki в газоход, улавливаются в высокотемпературном циклоне и возвращаются на дожигание в топку.

Особый интерес к организации сжигания топлив в кипящем слое вызван следующим. Во-первых, для сжигания в кипящем слое пригодны различные твердые топлива, включая низкосортные, крупностью 1...20 мм. При этом значительно сокращаются расходы на топливоприготовление. Расположение погруженной поверхности нагрева 7 в кипящем слое, где коэффициент теплоотдачи составляет 200...300 Вт/(м²·К), обеспечивает существенное снижение металлоемкости установки. Работа с относительно низкотемпературным слоем приводит к значительному уменьшению загрязнения атмосферы, так как большая часть серы, содержащейся в топливе, остается в слое и удаляется вместе с золой. Благодаря более низкой температуре процесса отходящие из кипящего слоя газы практически не содержат токсичных оксидов азота.

Автоматизированная система управления

При работе топki ТШПм-2,5 шурующая планка периодически через определенные промежутки времени совершает одно возвратно-поступательное движение. Предусмотрена технологическая защита котла и электродвигателей.

Шурующая планка ТШПМ-2,5 состоит из собственно планки и труб, через которые подается вода для охлаждения планки водой. Шурующая

планка предназначена для продвижения топлива по решетке, шуровки горящего слоя, сброса выгоревшего шлака и подачи раскаленных кусочков топлива под свежее топливо. При движении планки вперед происходит значительное перемещение топлива в горизонтальном направлении, а также подъем его и переваливание через планку.

Для надежного заполнения решетки топливом, а также осуществления шуровки слоя происходит чередование ходов планки на разную длину. Выбор движения планки определяется в зависимости от характеристик топлива, длины решетки и тепловой нагрузки топки. При использовании угля с повышенной влажностью, а также содержанием мелочи от 0 до 6 мм более 50 % не рекомендуется заполнять бункер более чем до половины. В топках предусмотрены устройства независимого регулирования объема дутьевого воздуха по зонам горения, подаваемого под решетку и подача вторичного воздуха в зону горения над решеткой.

Диапазон регулирования мощности топок ТШПм-2,5 обеспечивается изменением интервала времени между циклами хода шурующей планки и объема подачи дутьевого воздуха в зоны горения топлива. При прекращении подачи электроэнергии и отклонениях от допустимых значений давления, температуры воды на выходе из котла, разрежения в топочной камере, автоматика безопасности обеспечивает отключение дутьевого вентилятора, автоматической подачи топлива и включение светозвуковой сигнализации.

Бункер состоит из корпуса с качающейся перегородкой, секторного питателя с кронштейнами. Бункер служит для создания запаса топлива и подачи его на решетку при помощи секторного питателя. Секторный питатель закреплен на осях, снабженных масленками для смазки. Секторный питатель приводится в движение тягой. Для уменьшения зависания топлива в корпусе бункера служит качающаяся перегородка. Усилие, необходимое для движения шурующей планки и секторного питателя, создается приводом.

Привод ТШПМ-2,5 состоит из электродвигателя мощностью 3 кВт, числом оборотов 1000 и редуктора типа Ч125-63-52-У3. Поворотные

колосники, расположенные на валу между щеками, служат для дожигания несгоревших кусочков угля. Колосники опрокидываются, а затем возвращаются в исходное положение. На задней стенке основания имеется люк.

Подача воздуха в топку должна производиться в количестве, необходимом для поддержания заданного значения коэффициента расхода воздуха α , которое обеспечивается за счет частотного преобразователя. Преобразователь частоты задает скорость и момент двигателя переменного тока путем изменения частоты и напряжения питания электродвигателя. Устройство помогает непрерывно управлять процессом, обеспечивает плавную подачу воздуха от ДВ. Величина α выбирается из условия обеспечения экономичного сжигания топлива. В действующем котле величина α рассчитывается на основе результатов анализа состава уходящих газов по формуле:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2^{\text{дг}}},$$

где $O_2^{\text{дг}}$ – процентное содержание кислорода в уходящих дымовых газах.

Температура дымовых газов перед входом их в дымовую трубу при естественной тяге должна быть 160–200 °С. Теплообмен между дымовыми газами и водой внутри корпуса экономайзера позволяет снизить температуру уходящих газов и повысить энергоэффективность котла. При высокой температуре дымовых газов КПД снижается.

Расход воды через котел является важной величиной в любой системе. Связь расхода воды через котел с повышением ее температуры в котле определяется тем, что теплоноситель должен унести с собой определенное количество теплоты. Расчетный расход воды задается в технических параметрах котла и составляет 88,6 м³/час.

Таблица 3 – Технические параметры оборудования

Индукционный нагреватель ВЧ-15	Потребляемая мощность 15 кВА, диапазон рабочих частот 30–100 кГц, максимальный ток 22,5 А, КПД 90 %.
Термоэлектрический преобразователь	Номинальная статическая характеристика – хромель-алюмель, диапазон измеряемых температур 0–1100 °С, погрешность измерения $\pm 3,3$ °С.
Инфракрасный пирометр	Диапазон измеряемых температур 200–1500 °С, погрешность измерения 1 %, разрешение 1 °С, показатель визирования 1:100, диапазон установки излучательной способности 0,01–1,0, спектральный диапазон 8–14 мкм, интерфейс RS-232.
Регулятор	Диапазон регулируемых температур -40–2200 °С, разрешение 1 °С, интерфейс RS-232.
Чиллер	Номинальная холодопроизводительность 2,8 кВт, номинальная производительность по воздуху 1000 м ³ /ч, температура в водяном контуре 5–35 °С.
Видеокамера Phantom v411	Максимальная скорость съемки 600 000 к/с, полное разрешение 1280x800, размер пикселя сенсора 20 мкм, размер сенсора 25,6x16,0 мм, глубина цвета 12 бит, минимальное время экспозиции электронного затвора 1 мкс, внутренняя память 16 Гб.
Регистратор многоканальный Элемер РМТ59	12 каналов аналогового входа, постоянное запоминающее устройство 2 Гб, диапазон измерений для термоэлектрических термопреобразователей с номинальной статической характеристикой хромель-алюмель 220–1570 °С, погрешность измерения $\pm 0,25$ %, интерфейс RS-232.

Нагрев металлического цилиндра осуществляли при помощи индукционного нагревателя 4. Одно из оснований цилиндра 7 размещалось в окрестности спирали 5. Спираль представляет собой медную полую трубку.

В результате действия переменного магнитного поля, индуцируемого спиралью 5, происходит прогрев материала цилиндра 7 за счет токов Фуко. Для водяного охлаждения силовых элементов индукционного нагревателя, в том числе спирали 5, использовался чиллер 12.

Видеорегистрация исследуемых процессов в течение индукционного периода осуществлялась высокоскоростной видеокамерой Phantom v411 11. Видеограммы и тренды температур записывались на панельном компьютере 1 и регистраторе многоканальном 2, соответственно.

Результаты экспериментов

В качестве объектов исследования рассмотрены три вида угля: каменный, антрацит, бурый. В таблице 4 приведены средние значения времени задержки зажигания τ_d при температуре $t=900$ °С. Можно выделить отличия τ_d для углей разных марок с тремя характерными размерами частиц: 2 мм, 4 мм, 6 мм. Зависимости (рисунок 6) иллюстрируют, что наименьшее среднее время задержки зажигания у бурого угля. Это обусловлено более низкими значениями характерных температур зажигания, а также теплоты сгорания бурых углей по сравнению с каменными и антрацитами. Представленные на рисунке 6 времена задержки зажигания рассмотренных углей показывают большие длительности зажигания у частиц антрацита по сравнению с частицами каменных и бурых углей при идентичных условиях теплообмена. Этот результат хорошо соответствует основным заключениям [33–37] по характеристикам сжигания соответствующих марок углей. Высокое содержание газообразной (летучей) составляющей в составе горючей массы угля определяет его высокую реакционную способность, т.е. воспламенение происходит при более низких температурах.

Таблица 4 – Среднее время задержки зажигания частиц бурого угля, каменного угля и антрацита при взаимодействии с поверхностью нагретой до $t=900\text{ }^{\circ}\text{C}$

Размер частиц	Каменный уголь	Бурый уголь	Антрацит
2 мм	1,182 с	0,175 с	1,369 с
4 мм	1,563 с	0,248 с	1,696 с
6 мм	2,118 с	0,381 с	1,881 с

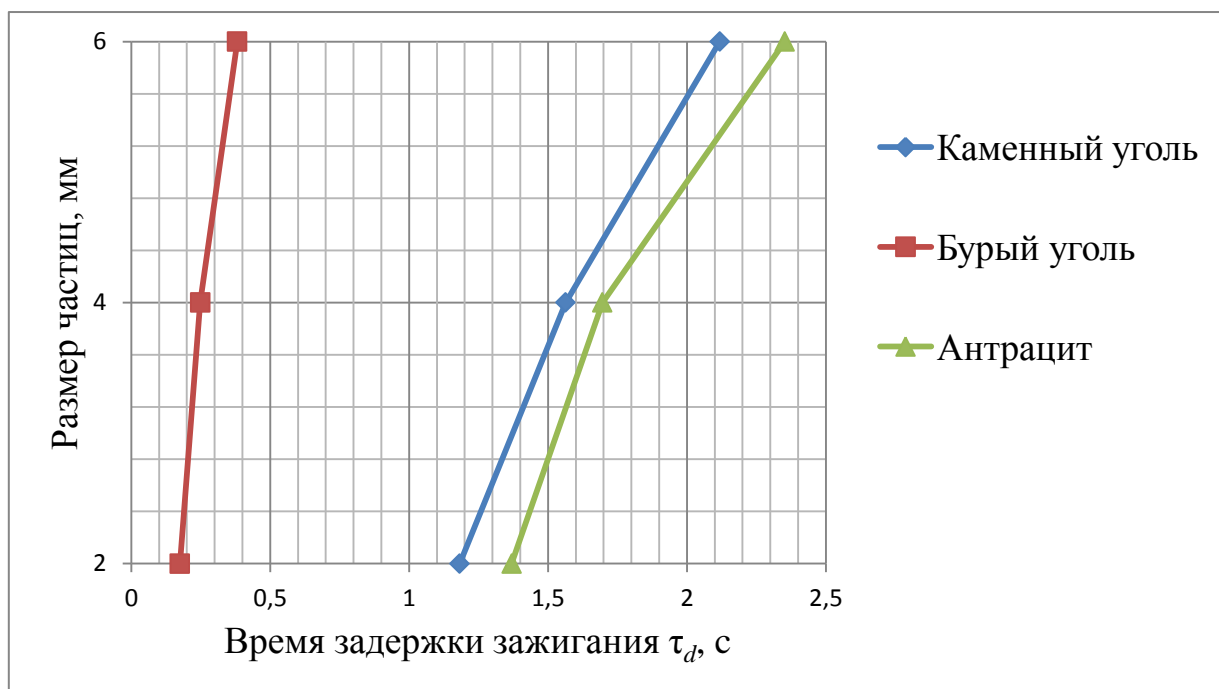


Рисунок 6 – График времени задержки зажигания частиц бурого угля, каменного угля и антрацита при взаимодействии с поверхностью нагретой до $t=900\text{ }^{\circ}\text{C}$, для частиц размерами 2 мм, 4 мм, 6 мм

При зажигании твердого топлива для всех видов углей наблюдались следующие этапы: инертный прогрев частицы угля, зажигание и горение летучих, выгорание летучих. Для антрацита и каменного угля хорошо виден процесс диспергирования крупной частицы на несколько мелких частиц. Эксперименты показали, что во время горения бурого угля процесса диспергирования не происходило. Кадры видеогаммы при реализации режима зажигания частиц представлены на рисунках 7,8. Содержание влаги в угле является такой же важной характеристикой, как и содержание летучих,

теплота сгорания, поскольку существенно влияет на процесс зажигания и горения топлива. Частицы угля диспергируют на несколько частиц угля в результате реакции водяных паров и углерода (рисунок 9).

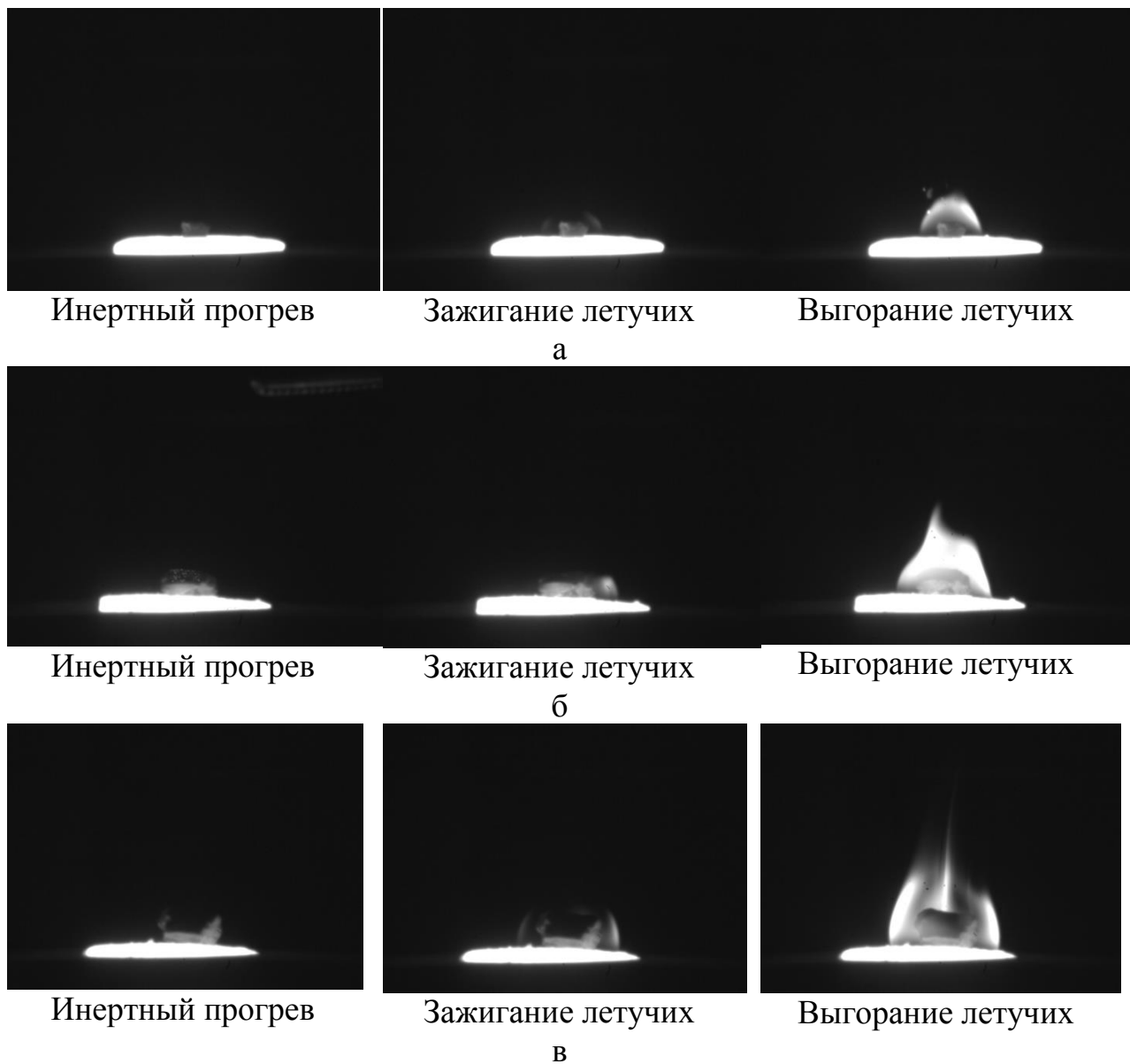
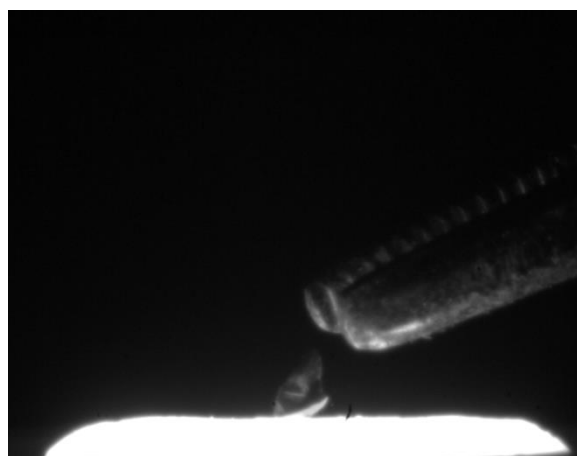


Рисунок 7 – Кадры видеогаммы при реализации режима зажигания частиц бурого угля при $t=900\text{ }^{\circ}\text{C}$: а – размер частиц 2 мм, б – размер частиц 4 мм, в – размер частиц 6 мм



Рисунок 8 – Кадры видеогаммы при реализации режима зажигания частиц каменного угля при $t=900\text{ }^{\circ}\text{C}$: а – размер частиц 2 мм, б – размер частиц 4 мм, в – размер частиц 6 мм

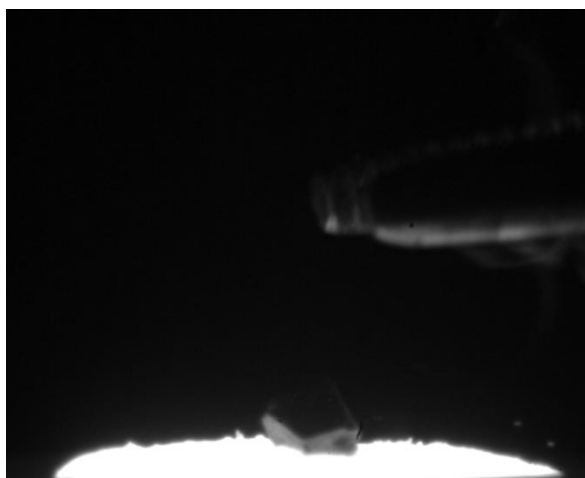


Инертный прогрев

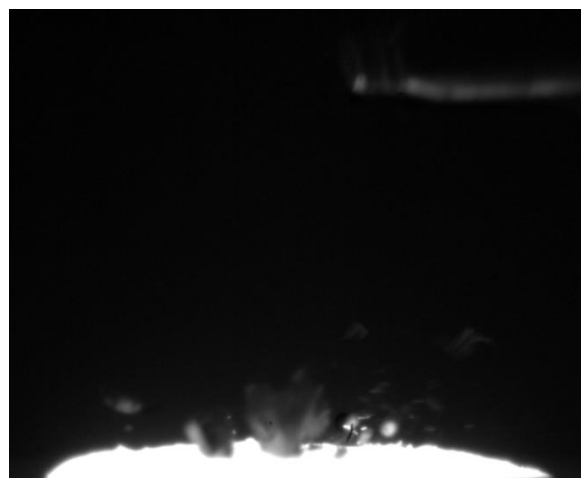


Диспергирование частицы

а

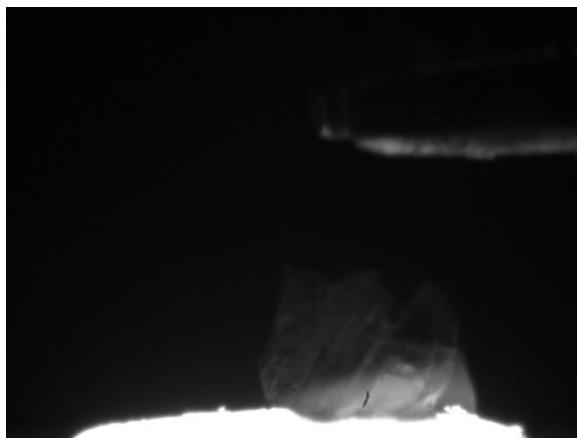


Инертный прогрев



Диспергирование частицы

б



Инертный прогрев



Диспергирование частицы

в

Рисунок 9 – Кадры видеогаммы при реализации режима зажигания частиц антрацита и его диспергирования при $t=900\text{ }^{\circ}\text{C}$: а – размер частиц 2 мм, б – размер частиц 4 мм, в – размер частиц 6 мм

При сжигании частиц бурых углей эффекта диспергирования не происходит. Это объясняется плотностью угля. Бурый уголь имеет пористое строение, в процессе сжигания летучие вещества и пары имеют свободный выход из частицы. Частицы каменного угля плохо диспергирует, так как имеют среднюю плотность. Летучие вещества и пары воды не всегда могут найти выход через поры частицы, поэтому в результате откалываются лишь несколько маленьких частиц. При высоких температурах в частицах антрацита возрастает давление, летучие вещества и пары не имеют выхода через поры частицы, так как антрацит обладает большой плотностью. В результате процесса диспергирования частица угля делится на 2-3 части.

В результате проведенных экспериментальных исследований физическо-химического процесса, протекающего при взаимодействии одиночных частиц с разогретой поверхностью, определены режимы зажигания (инертный прогрев, зажигание летучих, выгорание летучих), время задержки зажигания, условия протекания процесса диспергирования частиц угля. Во время процесса диспергирования повышается давление паров, происходит разрушение частицы. Вследствие чего частица угля крупного размера 5–6 мм измельчается до частиц размерами 2–3 мм. Процесс диспергирования протекает при температуре 900 °С и возможен для антрацита и каменного угля.

Одним из итогов исследования является возможность прогнозирования и предупреждения нерегламентированных возгораний угля, также оптимизация процессов инициирования горения угольного топлива. Процесс диспергирования угля топлива позволит существенно упростить процесс топливоприготовления и топливоподачи на котельной, а также повысить эффективность сжигания топлива. За счет эффекта диспергирования можно существенно снизить затраты на топливоприготовление, так уменьшатся затраты электроэнергии на собственные нужды, амортизация, стоимость оборудования и расходы на его обслуживание.

4 Разработка структурной схемы

Автоматизированная система управления топливоподачи и топливоприготовления водогрейного котла КВм-2,5 выполнена на основе микропроцессорной техники, представляет собой систему, реализующую принцип функционально-группового управления и реализована в трёх уровнях: полевой (нижний), средний, верхний. Структурная схема представлена на рисунке 10.

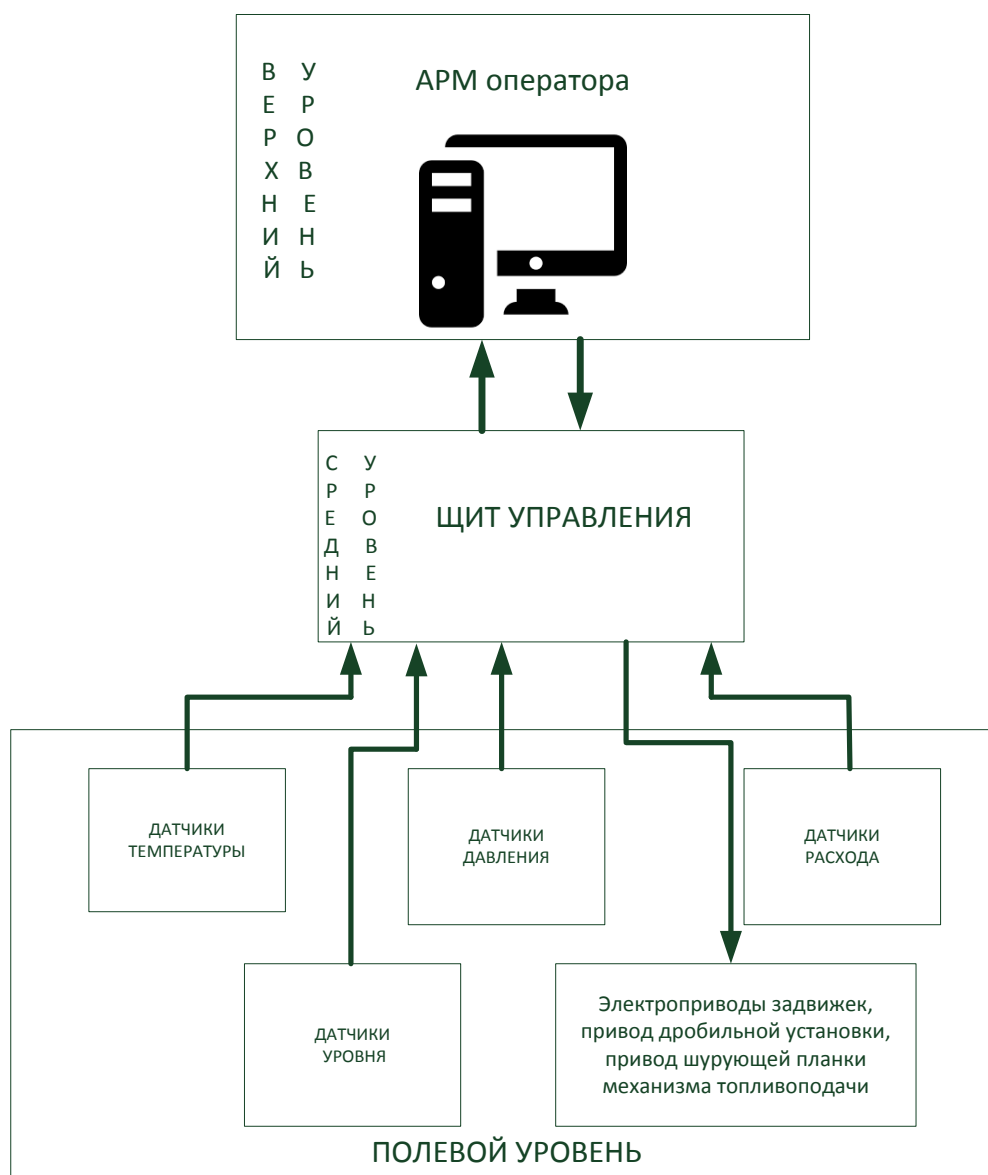


Рисунок 10 – Структурная схема автоматизированной системы управления технологическим процессом топливоподачи и топливоприготовления твердотопливного водогрейного котла

АСУ должна обеспечивать сбор, обработку, хранения данных, а также иметь возможность предоставления отчетности пользователю непрерывно (24 часа, 7 дней в неделю).

Нижний уровень предназначен для надежной работы системы топливоприготовления, управления механизмом топливоподачи, поддержание расхода топлива в соответствии с расходом теплоты. Обеспечение подачи воздуха в топочное устройство в соответствии с расходом топлива для осуществления экономичного сжигания топлива.

Таким образом, на на этом уровне реализуются функции получения и передачи технологических данных, включая информацию о текущем состоянии оборудования и прием команд управления.

Средний уровень предназначен для управления общекотловыми технологическими параметрами и выполнения защитных функций в соответствии с нормативными документами. Функции среднего уровня, такие как прием и обработка технологических данных с нижнего уровня, формирование команд управления, сигнализация, блокировок и защит технологического оборудования, подразумевают применение микропроцессорной техники. В щите автоматического управления, находящегося в непосредственной близости от объектов управления, размещается оборудование: ПЛК, Источник гарантированного питания, устройства защиты, релейно-контактная аппаратура и др. Функции обмена данными осуществляются через Industrial Ethernet.

Верхний уровень (автоматизированное рабочее место) предназначен для отображения поступающих данных на мнемосхемах и графиках; передача команд оператора системе управления среднего уровня; регистрация и архивация текущих событий (что позволяет исключить комплект самопишущих регистраторов).

Шкафы управления решают задачи контроля и управления оборудованием газовых горелок и являются функционально полными изделиями. Они могут работать как автономно, так и с внешним управлением.

5 Разработка функциональной схемы и составление заказной спецификации приборов и средств автоматизации

5.1 Разработка функциональной схемы

При разработке функциональной схемы в данной работе решались следующие функциональные задачи: получение первичной информации о состоянии технологического процесса; непосредственное воздействие на технологический процесс и управление им. Для реализации этих задач применялись различные технические средства: получения первичной информации, преобразования и переработки информации, регулирования технологического процесса, вспомогательные устройства.

Функциональная схема автоматизированной системы управления процессом подготовки композиционного жидкого топлива к сжиганию в топке котла представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.004 С2.

Процесс топливоприготовления начинается с поступления твердого топлива в дробильную установку, где топливо измельчается до размеров от 0 до 20 мм, после чего направляется на склад и в бункер по транспортеру. Из бункера топливо подается в топку на решетку. Осуществляется управление приводами дробильной установки и шурующей планки механизма топливоподачи. Через определенные промежутки времени планка совершает одно поступательное движение и топливо продвигается в топку. Для охлаждения шурующей планки по трубам поступает вода. При прекращении подачи электроэнергии и отклонениях от допустимых значений давления, температуры воды на выходе из котла, автоматика безопасности обеспечивает отключение дутьевого вентилятора, автоматической подачи топлива и включение светозвуковой сигнализации. При подаче воздуха под решетку плотный фильтруемый слой при определенных скоростях воздуха начинает расширяться, и при некотором дальнейшем увеличении скорости воздуха частицы приходят в движение.

Объем слоя в результате этого увеличивается в 1,2–1,8 раза зависимости от интенсивности дутья и размера частиц топлива. Частицы топлива совершают возвратно-поступательное движение по высоте слоя, по мере выгорания мелкие частицы выносятся в объем топки и там сгорают. Температуру кипящего слоя поддерживают на уровне 825 °С, исключая плавление золы, во избежание шлакования слоя. Это может быть достигнуто установкой в слое охлаждающих поверхностей, рециркуляцией дымовых газов. Кусочки топлива в кипящем слое интенсивно обдуваются воздухом, что способствует высокой скорости их сжигания.

Перечень входных и выходных сигналов представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень входных/выходных сигналов

N	Наименование параметра (единица измерения)	AI	AO	DI	DO
1	2	3	4	5	6
1	Температура кипящего слоя	+			
2	Температура уходящих газов	+			
3	Температура воды на выходе из котла	+			
4	Температура воды перед котлом	+			
5	Температура угля в бункере	+			
6	Давление воды на выходе из котла	+			
7	Давление воды перед котлом				
8	Давление воды для охлаждающей решетки и шурующей планки	+			
9	Давление питательной воды	+			
10	Расход воздуха	+			
11	Расход воды через котел	+			
12	Расход воды перед котлом	+			
13	Уровень кипящего слоя	+			
14	Уровень угля в бункере	+			
15	Содержание кислорода в дымовых газах	+			
16	Положение клапана воздуха			+	
17	Клапан воздуха вкл/выкл				+
18	Положение клапана воды			+	

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6
19	Клапан воды откр/закр				+
20	Положение задвижки угля из бункера			+	
21	Задвижка уголь откр/закр				+
22	Положение задвижки угля к дробильной установки			+	
23	Задвижка уголь откр/закр				+
24	Положение задвижки угля к котлу			+	
25	Задвижка уголь откр/закр				+
26	Положение клапана воды для охлаждающей решетки и шурующей планки			+	
27	Клапан воды откр/закр.				+
28	Положение клапана питательной воды			+	
29	Насос вода вкл/выкл				+
30	Положение клапана воды к котлу			+	
31	Насос вода вкл/выкл				+
32	Положение задвижки дробильной установки			+	
33	Дробильная установка вкл/выкл				+

5.2 Выбор оборудования

5.2.1 Выбор датчиков температуры

Температура кипящего слоя поддерживается 825 °С, поэтому в качестве датчиков используют термопары с НСХ ХА, ПР и ПП. В таблице 6 рассмотрены характеристики некоторых термопар разных производителей. Выбираем термоэлектрический преобразователь серии ТПУ 0304/М1 ХА (К) [21].

Таблица 6 – Технические характеристики термопар

	ТПУ 0304/М1 ХА (К)	ТПР-0192-05М	Rosemount 3144P 1075 ПП (S)
Диапазон измерений	-50...+1300 °С	0...+1150 °С	-40...+1200 °С
Выходные сигналы	4...20 мА		
Класс точности	0,15		

Температура дымовых газов перед входом их в дымовую трубу при естественной тяге должна быть 160–200 °С. Технические характеристики термопреобразователей представлены в таблице 7. Рассмотренные термопреобразователи подходят для использования в газовой среде. Все варианты схожи по характеристикам, однако, Метран-2700-100П [22] зарекомендовал себя как долговечный и надежный прибор, выбираем его.

Таблица 7 – Технические характеристики термопар

	ТПУ 0304/М1 100М	Метран-2700- 100П	ТХКУ–205
Диапазон измерений	-50...+200 °С	-50...+200 °С	0...+400 °С
Выходные сигналы	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА
Класс точности	0,15	0,15	1,0

Для измерения температуры воды на выходе из котла рассмотрены следующие термопреобразователи: «Метран» ТСМ – 0193-50М, ТХА Метран–241–01, ТСМ – 9201-50М «Эталон». Технические характеристики приведены в таблице 8. Оптимальным выбором будет второй вариант, так как он прост в монтаже и установке, отличается хорошей надежностью.

Таблица 8 – Технические характеристики

	ТСМ – 0193-50М	ТХА Метран– 241–01	ТСМ – 9201-50М
Диапазон измерений	-50...+150 °С	-40...+200 °С	-50...+150 °С
Выходные сигналы	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА
Класс допуска	A	1	B

Разные виды угля требуют разных условий хранения: какой-то уголь непривередлив и может сохранять свои свойства годами, а какой-то без определенных условий хранения может стать мусором. Например, бурый уголь хранится недолго - от 4 до 6 месяцев. Другие виды угля сохраняют свои свойства от года до трех месяцев. Если уголь хранится долго, он начинает окисляться и выветриваться. Хранение под навесом может продлить ему жизнь. В месте хранения важно следить за температурой. Если она превышает 20С, происходит процесс окисления. Его можно определить по следующим признакам:

- 1) куски угля становятся мягче;
- 2) появляется растрескивание;
- 3) трещины, которые уже были, становятся глубже.

При неправильном хранении угля может произойти самовозгорание. Процесс окисления сопровождается выделением тепла, поэтому в центре складирования угля температура становится выше. Больше подвержены этой проблеме угли с небольшой фракцией и наличием пыли. Бурые угли стоят на первом месте по самовозгоранию. Меньше всех этой проблеме подвержены антрациты. Если уголь мелкой фракции, то во избежание вышеуказанной проблемы, обязательно нужно время от времени проверять его температурное состояние.

Измерения согласно правилам по охране труда ПОТРО-13153-ЦТ-926-02 должны производиться независимо от температуры

окружающего воздуха один раз в 10 дней. Для измерения температуры угля могут использоваться другие средства измерения с аналогичными характеристиками, в том числе на основе термоэлектрических преобразователей (термопар) по ГОСТ Р 8.585-2001 в качестве термочувствительных элементов.

5.2.2 Выбор датчиков давления

Малогабаритные датчики Метран-55 [22] предназначены для работы в различных отраслях промышленности, системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин избыточного (ДИ), абсолютного (ДА) давления, разрежения (ДВ), давления-разрежения (ДИВ) нейтральных и агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал. Датчик приобрел широкое распространение благодаря простоте конструкции, надежности, малым размерам и эргономичности. Особенности датчиков давления:

- 1) погрешность измерений $\pm 0,15$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$ %;
- 2) диапазон перенастройки 10:1;
- 3) самодиагностика при запуске;
- 4) встроенный фильтр радиопомех;
- 5) микропроцессорная электроника;
- 6) возможность простой и удобной настройки значений выходного сигнала, соответствующих нижнему и верхнему значениям измеряемого давления, кнопчными переключателями.

Датчики предназначены для непрерывного преобразования значений абсолютного, избыточного давления, разрежения, избыточного давления-разрежения, разности давлений, гидростатического давления (уровня) жидких и газообразных, в том числе агрессивных, сред, газообразного кислорода и кислородосодержащих газовых смесей в унифицированный

выходной токовый сигнал и (или) цифровой сигнал на базе HART-протокола, или цифровой сигнал на базе интерфейса RS-485 по протоколу Modbus RTU.

Датчики Элемер-100 [21] используются в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами. Датчики разности давлений могут использоваться в устройствах, предназначенных для преобразования значения уровня жидкости, расхода жидкости, пара или газа в унифицированный токовый выходной сигнал, цифровой сигнал на базе HART-протокола и цифровой сигнал на базе интерфейса RS-485. Выберем датчик избыточного давления Метран -55-ЛМК351, который отличается надежностью и долговечностью. Основные технические характеристики рассмотренных датчиков представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики датчиков давления

	Метран -55-ЛМК351	Rosemount 3051-TG2	Элемер-100-ДИ-1153
Диапазон измерений	4 кПа...1 МПа	10,3 кПа...1,03 МПа	5 кПа...1,0МПа
Выходные сигналы	4...20 мА	4...20 мА	4...20 мА

5.2.3 Выбор расходомеров

Датчики Элемер-100 предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART, или цифровой сигнал на базе интерфейса RS-485 по протоколу Modbus RTU входных измеряемых величин. Датчики оснащены современными тензорезистивными или емкостными сенсорами. Тензорезистивные сенсоры по технологии КНК имеют высокую перегрузочную способность – до 500 % от верхнего предела измерений. Емкостные сенсоры имеют высокую стабильность метрологических характеристик. Датчики оснащены многофункциональным 5-разрядным ЖК-

индикатором с подсветкой и графической шкалой. Датчики имеют модульную структуру: модуль сенсора и модуль электроники. Все модули одного вида взаимозаменяемы. Это обеспечивает высокую ремонтпригодность датчика. Все датчики защищены паролем от несанкционированного доступа. Настройка параметров датчика осуществляется с помощью наружной или внутренней клавиатуры или по HART-протоколу.

Выберем датчик Элемер-100 ДД, так как он зарекомендовал на рынке, обладает хорошей надежностью.

Таблица 10 – Технические характеристики датчиков давления

	Метран-350-3095-MV	Элемер-100 ДД	Rosemount 3051-TG4
Диапазон измерений	до 25 МПа	0,063 кПа...16 МПа	0,183 кПа...27,6 МПа
Выходные сигналы	4...20 мА; HART; Modbus RTU;	0...5 мА; 0...20 мА; 4...20 мА; HART; Modbus RTU;	4...20 мА; HART; Modbus RTU;

5.2.4 Выбор сигнализаторов уровня

При выборе уровнемера для угля необходимо учитывать несколько факторов связанных с особенностями продукта:

Применение контактных уровнемеров для решения задачи по измерению уровня угля является малонадежным вариантом - размеры кусков угля достаточно большие и в процессе загрузки они будут непрерывно ударять по чувствительному элементу, что в конце концов приведет к выходу из строя уровнемера.

Как и все прочие сыпучие материалы уголь, при засыпке, образует на поверхности конусные неровности, а при отгрузке - впадины. При этом, из-за больших размеров кусков угля, эти поверхности очень далеки от регулярной структуры. Поэтому, наиболее надежно, при измерении уровня угля, будет работать наиболее чувствительный радарный уровнемер. Т.е. уровнемер

имеющий наименьший угол расхождения измерительного луча и имеющий внутреннюю схему обработки способную работать в условиях слабых отражений.

Уровнемеры УЛМ [23] применяются для измерения уровня угля на электростанциях и металлургических комбинатах России и зарубежья. Отличительной особенностью модельного ряда радарных уровнемеров УЛМ является наличие моделей с очень узким измерительным лучом и обработкой сигнала построенной по принципу FMCW-локатора. Благодаря этому уровнемеры УЛМ можно использовать как уровнемеры угля в весьма широких диапазонах высот бункеров.

При установке на бункеры угля уровнемеров УЛМ-11 (ширина измерительного луча 40), благодаря тому, что УЛМ-11 имеет очень узкий луч, также можно учитывать объем угля находящийся и в нижней конусной части бункера, тем самым вести более точный учет объема хранимого продукта.

Выберем уровнемер УЛМ-31А1 (таблица 11), так как он имеет общепромышленное исполнение, подходит для измерения уровня кипящего слоя, обладает хорошей надежностью.

Таблица 11 – Технические характеристики уровнемеров

	УЛМ-11	УЛМ-11А1	УЛМ-31А1
Диапазон измерений	0,6...30 м	0,6...30 м	0,6...30 м
Выходные сигналы	4...20 мА; RS485; Modbus RTU	0...5 мА; 0...20 мА; 4...20 мА; RS485; Modbus RTU	4...20 мА; RS485; Modbus RTU

5.2.5 Выбор газоанализатора

Содержание кислорода в уходящих газах является одним из важнейших технологических параметров. Согласно РД 34.11.306-86 основным критерием

при выборе датчика измерения содержания кислорода в уходящих газах является точность измерений.

Рассмотрим следующие варианты газоанализаторов, которые соответствуют нормам точности измерений:

- 1) газоанализатор кислорода АКВТ-01;
- 2) газоанализатор АГ-0011.

Для измерения содержания кислорода в уходящих газах выбираем газоанализатор кислорода АКВТ-01. Выбор именно этого датчика обусловлен тем, что запас по точности измерения у него выше. Основным фактором является простота монтажа датчика, который, в отличие от газоанализатора АГ-0011, работает без дополнительного блока пробоподготовки. Таким образом, в процессе монтажа технических средств избегаем прокладки дополнительных импульсных труб.

Газоанализатор АКВТ-01 обладает выходным сигналом 4–20 мА и поддержкой сетей Modbus по интерфейсу RS-485 для контроля за его состоянием и возможности удаленной установки пределов измерения.

5.2.6 Выбор преобразователя частоты

Преобразователи частоты ОВЕН предназначены для управления частотой вращения асинхронных двигателей в составе приводов для работы в промышленных и бытовых установках, системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [38]. Линейка частотных преобразователей для насосов и вентиляторов ПЧВЗ включает 9 модификаций с трехфазным входом 220 В (0,25...11 кВт) и 18 модификаций с трехфазным входом 380 В (0,37...90 кВт). В 2015 году в линейку преобразователей частоты ПЧВЗ добавлены 17 модификаций со степенью защиты корпуса IP54 (0,75...90 кВт, 380 В).

Основные характеристики линейки ПЧВЗ:

- 1) мощность до 90 кВт;
- 2) встроенный входной дроссель;

- 3) возможность управления синхронными двигателями;
- 4) «спящий» режим;
- 5) пожарный режим;
- 6) контроль расхода;
- 7) контроль натяжения ремня;
- 8) встроенный ПИ-регулятор;
- 9) вольт-частотный или векторный алгоритмы управления.

Преобразователи частоты ОВЕН ПЧВ (рисунок 11) имеют встроенный гальванически изолированный интерфейс RS-485, предназначенный для программирования и диагностики ПЧВ с помощью программы-конфигуратора, обмена данными по сети между ПЧВ и другими устройствами АСУ ТП (ПЛК, SCADA). Набор встроенных протоколов зависит от конкретной модели ПЧВ. Протокол Modbus RTU поддерживают все ПЧ.



Рисунок 11 – Линейка преобразователей частоты для управления насосами и вентиляторами ОВЕН ПЧВ3

Основные возможности работы с интерфейсом:

- 1) удаленное управление приводом с помощью командного слова;

- 2) удаленное изменение уставок и конфигурации управления;
- 3) отображение аварий и режимов работы с помощью слова состояния;
- 4) одновременное управление со входов и по RS-485;
- 5) функции защиты привода при пропадании связи по RS-485.

Преобразователи частоты SL9 (рисунок 12) просты в настройке, но при этом имеют очень широкий набор функций и позволяют выполнять тонкую настройку под конкретные нужды [39]. Встроенный ПИД-регулятор помогает идеально управлять насосами и вентиляторами, а наличие специального исполнения для насосов и вентиляторов позволяет сэкономить значительные средства на покупке прибора. Простой в использовании логический контроллер позволяет легко создать программу для работы преобразователя в многоступенчатом режиме для таких устройств, как стиральные машины, мешалки, станки и т.д., режим энергосбережения оптимизирует энергопотребление при неполной нагрузке на двигатель. Преобразователи частоты SL9 позволяют снизить издержки и повысить надежность работы электродвигателей.



Рисунок 12 – Преобразователь частоты Силиум SL9

Основные характеристики преобразователя частоты Силиум SL9:

- 1) встроенный ПИД-регулятор;
- 2) настраиваемая токовая защита;
- 3) поддержка обмена данными: Modbus-RTU, PROFIBUS-DP, CANlink и CANopen;
- 4) возможность установки вспомогательной частоты;
- 5) отображение параметров на LCD дисплее.

Сделав анализ технических характеристик преобразователей частоты остановимся на ОВЕН ПЧВЗ, так как он более простой в устройстве, относительно недорогой и соответствует требованиям данной АСУ.

5.2.7 Выбор контроллера

Для выбора оптимального ПЛК рассмотрим требования, предъявляемые к его устройству и работе:

- 1) СЛА должна быть построена на микропроцессорных контроллерах промышленного назначения, выполненных в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 61508-1-2007;
- 2) производитель ПЛК должен быть сертифицирован в соответствии с международным стандартом качества ISO-9001;
- 3) ПЛК, входящий в состав СЛА, должен поддерживать стандарт МЭК 61131-3;
- 4) ПЛК, входящий в состав СЛА должен иметь модульную архитектуру и предусматривать возможность замены аппаратных коммуникационных модулей и модулей ввода/вывода без остановки работы ПЛК;
- 5) прикладное программное обеспечение ПЛК должно сопровождаться специализированной программной средой для визуальной конфигурации прикладных данных ПЛК, тестирования функций, диагностики всех модулей и программного обеспечения в частности;

6) в ПЛК должна функционировать операционная система реального времени, обеспечивающая обработку критически важных прерываний за заданное время;

7) ПЛК должен реализовывать функции самодиагностики всех модулей и целостности программного обеспечения;

8) для ПЛК должен быть предусмотрен монтаж в специальных щитах автоматики.

Проведем сравнение ПЛК разных производителей – Schneider Electric, Овен и Siemens.

Сверхкомпактный, новый ПЛК Modicon M340 отличается гибкостью и службами ПЛК высшего класса. Будучи интегрированным в систему, ПЛК предоставляет встроенные решения Plug&Work с другими устройствами Telemecanique. Невероятные возможности решения Unity в ваших руках позволят упростить процесс программирования и сократить временные издержки. Применение контроллера Modicon M340 : сложное оборудование, производство, инфраструктур, энергетика.

Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК100 – моноблочный контроллер с дискретными входами/выходами на борту для автоматизации малых систем.

К особенностям ПЛК относят: компактный DIN-реечный корпус; дискретные входы/выходы на борту; наличие последовательных портов (RS-485, RS-232) и Ethernet; расширение количества точек ввода/вывода осуществляется путем подключения внешних модулей ввода/вывода по любому из встроенных интерфейсов; два варианта питания: 220 В переменного тока и 24 В постоянного тока. Программирование контроллеров ОВЕН ПЛК100 осуществляется профессиональной системой программирования CODESYS v.2.

Программируемые контроллеры семейства S7-200 имеют модульную конструкцию и являются идеальным средством для построения относительно простых систем автоматического управления при минимальных затратах на

приобретение оборудования и разработку системы. Они способны работать в реальном масштабе времени и могут быть использованы для построения узлов локальной автоматики или узлов комплексных систем управления. Контроллеры обеспечивают поддержку обмена данными через сети PPI, MPI, Industrial Ethernet, а также через интернет/интранет и системы модемной связи, способны работать в составе систем распределенного ввода-вывода на основе сетей AS-Interface и PROFIBUS DP.

Отличительные особенности семейства Simatic S7–200:

- 1) время выполнения 1 К логических инструкций не превышает 0,22 мс;
- 2) наличие скоростных счетчиков внешних событий;
- 3) наличие быстродействующих входов аппаратных прерываний;
- 4) возможность наращивания количества обслуживаемых каналов ввода-вывода;
- 5) наличие импульсных выходов;
- 6) потенциометры аналогового задания цифровых параметров;
- 7) часы реального времени (встроенные или устанавливаемые в виде съемного модуля);
- 8) мощный набор инструкций языка программирования;
- 9) один или два порта RS 485 универсального назначения;
- 10) функции обмена данными через Industrial Ethernet, поддерживаемые коммуникационным процессором CP 243-1;
- 11) дружественная оболочка программирования STEP 7 Micro/ WIN;
- 12) трехуровневая парольная защита программ пользователя;
- 13) возможность работы с устройствами человеко-машинного интерфейса.

Контроллер ОВЕН обладает более низкой ценой и значительно более низким быстродействием. Так же он является моноблочным, что для нашей системы не целесообразно, так как, возможно, в процессе работы

потребуется увеличить количество входов и выходов системы управления. Оптимальным выбором для данной системы является контроллер Simatic S7-200.

Описание программируемого логического контроллера S7-200

В состав программируемого логического контроллера были выбраны следующие модули:

- 1) блок питания SITOP Power E24/3.5 6EP1 332-1SH31;
- 2) центральный процессор CPU 224 6ES7 214-1BD23-0XBO;
- 3) модуль ввода-вывода аналоговых сигналов EM 231 8A1 6ES7 231-0HF22-0XAO;
- 4) модуль ввода-вывода дискретных сигналов EM 223 32DI 6ES7 223-1BM22-0XAO;
- 5) коммуникационный процессор CP 243-1 6GK7 243-1EX30-0XE0.

Блок питания SITOP Power E24/3.5

Блоки питания SITOP Power E24/3.5 предназначены для питания центральных процессоров и модулей программируемых контроллеров S7-200, а также их внешних цепей. Они выполняют преобразование входного однофазного напряжения переменного тока промышленной частоты в стабилизированное выходное напряжение 24 В и обеспечивают электронную защиту от коротких замыканий в цепи нагрузки. Корпус блока питания имеет аналогичные с модулями S7-200 способы крепления и монтажа, согласован с ними по установочным размерам.

6 Разработка принципиальной электрической схемы щита управления и перечня элементов щита управления

На принципиальной электрической схеме системы управления показываются все устройства и элементы, которые входят в состав изделия, их входные (выходные) элементы, соединения между устройствами и элементами. Система электропитания должна обеспечить необходимую надёжность питания, соответствующее качество электроэнергии, экономичность, удобство и безопасность обслуживания. Схема электрическая принципиальная щита управления представлена на листе ФЮРА.421000.004 СЗ.

Для защиты оборудования от перегрузок и токов короткого замыкания, устанавливаемого внутри щита управления, все питающие напряжения подаются через отдельные автоматические выключатели. На входе цепи питания 220 В предусмотрена защита от перенапряжения РТ 2-РЕ/S-230АC-ST (Z01). Для резервирования питания и преобразования напряжения сети переменного тока 220 В в постоянное напряжение 24 В установлен импульсный источник питания EF UPS EF UPS 1AC/24DC-4 (G1) с блоком аккумуляторной батареи АБ-24М (G2), обеспечивающей автономную работу всех устройств щита в течение не менее 30 минут. В щите управления предусмотрено внутреннее рабочее освещение (лампа EL1) для обслуживания и ремонта. Для автоматического включения лампы при открытии и выключения при закрытии дверцы шкафа предусмотрен концевой выключатель SQ1.

В приложении В приведен перечень элементов принципиальной электрической схемы соединений.

7 Разработка общего вида шкафа управления

Щиты системы автоматизации предназначены для размещения в них средств управления технологическим процессом, контрольно-измерительных приборов, элементов сигнализации, защиты, блокировки. Щиты и пульты устанавливаются в производственных и специальных щитовых помещениях: операторных, диспетчерских, аппаратных и т.п. Щиты бывают панельные с каркасом и шкафные. Фасадная панель состоит из двух (исполнение 1) и трех (исполнение 2) функциональных полей. Общий вид щита представлен на листе ФЮРА.421000.004 ДМ1.

При разработке щита решались следующие задачи: выбор типов и размеров шкафов, панелей с каркасом, корпусов пультов, стоек и вспомогательных элементов щитов и пультов; определение монтажных зон щитов шкафных, панельных с каркасом, стативов, пультов; компоновка приборов и аппаратуры, а также изделий для их монтажа на фасаде и внутри щитов;

На внутренней плоскости щита показаны установленные на нем приборы и электроаппаратуру, изделия из монтажа электропроводок (упоры, колодки маркировочные, блоки зажимов и другие элементы). Конструктивно щит имеет закрытое исполнение и одностороннее обслуживание. Для удобства обслуживания предусмотрены лампа местного освещения и розетка 220 В.

В данной выпускной квалификационной работе используется шкаф распределительный АЕ 1200х600х300 производства фирмы Rittal (Германия). На чертежах изображен вид внутренней плоскости щита. На монтажной панели расположены элементы питания шкафа (блоки питания, автоматы защиты), ПЛК, реле, клеммные сборки. В нижней части щита расположены элементы цоколя. Цоколь имеет центральное отверстие, через которое обеспечивается циркуляция воздуха, а также подвод силовых и коммуникационных кабелей снизу из пространства под фальшполом.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ6Д	Ляховской Ольги Евгеньевне

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	Магистр	Направление подготовки	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых, энергетических, информационных и человеческих	Зарплата инженера (дипломника) 17000 руб., руководителя – 26300 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Амортизационные отчисления 15%
3. Используемая система налогообложения ставки налогов, отчислений	Отчисления по страховым взносам 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИ	Планирование НИР
2. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Смета затрат на проект
3. Разработка устава научно-технического проекта	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение практической ценности проекта

Перечень графического материала

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	19.02.18
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель Отделения социально-гуманитарных наук	Н.Г. Кузьмина			19.02.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ6Д	Ляховская О.Е.		19.02.18

8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела является технико-экономическое обоснование ВКР, определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию проекта, а также уровня научно-технической результативности проекта. Данная работа посвящена исследованию процесса диспергирования твердого топлива, с последующим внедрением эффекта диспергирования в АСУ ТП топливоприготовления и топливоподачи при сжигании угля в водогрейном котле.

7.1 Планирование работ и оценка времени их выполнения

В данной работе принимают участие научный руководитель инженер. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Был составлен перечень работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. В таблице 12 представлен перечень работ, исполнители и продолжительность выполнения каждой работы в рамках проведения научного исследования.

Таблица 12 – Перечень работ, исполнители и продолжительность выполнения каждой работы

Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность дней
1	2	3
Выбор темы и направления проведения исследования	Научный руководитель, инженер	1
Обзор литературы по выбранной тематике	Инженер	21
Постановка целей и задач исследования, составление плана экспериментов, выбор методов обработки полученных данных	Научный руководитель, инженер	3

Продолжение таблицы 12

1	2	3
Подготовка лабораторного стенда к экспериментам	Инженер	2
Настройка программного обеспечения	Инженер	1
Проведение экспериментов	Инженер	44
Проверка результатов эксперимента (оценка достоверности)	Научный руководитель, инженер	5
Определение новизны полученных данных, написание выводов	Инженер	7
Написание раздела в пояснительной записке по проведенной работе	Инженер	12
Проверка работы	Научный руководитель, инженер	2
ИТОГО		Научный руководитель: 11, инженер: 98

7.2 Схема затрат на экспериментально исследование

Схема затрат на экспериментальное исследование эффективности работы водяного теплового насоса состоит из следующих статей:

$$K_{\text{эк.ис}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{з.пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{накл}}, \text{ руб.}; \quad (1)$$

где $K_{\text{мат}}$ – материальные затраты; $K_{\text{з.пл}}$ – затраты на заработную плату; $K_{\text{с.о}}$ – затраты на социальные нужды; $K_{\text{пр}}$ – прочие затраты; $K_{\text{ам}}$ – амортизация; $K_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

7.2.1 Материальные затраты

Под материальными затратами понимается величина денежных средств, потраченных на канцелярские принадлежности, необходимые для проведения работы. Величину этих затрат в данной работе принимаем в размере $K_{\text{мат}} = 1500$ руб.

7.2.2 Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления – денежные средства, предназначенные для возмещения износа предметов, относящихся к основным фондам.

Амортизация показывает уменьшение стоимости компьютерной техники, на которой выполнялась работа, в следствие ее износа. Амортизация компьютерной техники рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп}}}{T_{\text{календ}}} \cdot Ц \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \text{руб./год;} \quad (2)$$

где $T_{\text{исп}}$ – время использования устройства; $T_{\text{календ}}$ – календарное время (365 дней); $Ц$ – цена устройства; $T_{\text{сл}}$ – срок службы устройства.

В экспериментальных исследованиях использовался компьютер и необходимое дополнительное оборудование, стоимостью 25000 руб. Срок службы оборудования составляет 7 лет. Амортизация компьютерной техники составляет:

$$K_{\text{ам}} = \frac{98}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{7} = 958,9 \text{ руб./год.}$$

7.2.3 Затраты на заработную плату

Включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Месячная заработная плата определяется по формуле:

$$ЗП_{\text{мес}} = k_1 \cdot k_2 \cdot ЗП_{\text{оклад}}, \text{руб.}; \quad (3)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий отпуск, равный 10 % ($k_1 = 1,1$); k_2 – районный коэффициент, равный 30 % ($k_2 = 1,3$); $ЗП_{\text{оклад}}$ – месячный оклад.

Для инженера: $ЗП_{\text{мес}} = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 17000 = 24310 \text{ руб.};$

для научного руководителя: $ЗП_{\text{мес}} = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 26300 = 37609 \text{ руб.}$

Фактическая заработная плата за работу над проектом:

$$ЗП_{\text{факт}} = \frac{ЗП_{\text{мес}}}{d} \cdot n^{\text{факт}}, \text{ руб.}; \quad (4)$$

где $ЗП_{\text{факт}}$ – месячная зарплата работника ТПУ; d – количество рабочих дней в месяце ($d=21$); $n^{\text{факт}}$ – фактическое число дней в проекте.

$$\text{Для инженера: } ЗП_{\text{факт}} = \frac{24310}{21} \cdot 98 = 113446,6 \text{ руб.};$$

$$\text{для научного руководителя: } ЗП_{\text{факт}} = \frac{37609}{21} \cdot 11 = 19699,95 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату складываются из заработных плат инженера и научного руководителя:

$$ФЗП = K_{\text{з.пл.}} = ЗП_{\text{инж}}^{\text{факт}} + ЗП_{\text{нр}}^{\text{факт}}, \text{ руб.}; \quad (5)$$

где $ЗП_{\text{инж}}^{\text{факт}}$ – фактическая заработная плата инженера; $ЗП_{\text{нр}}^{\text{факт}}$ – фактическая заработная плата научного руководителя.

$$ФЗП = K_{\text{з.пл.}} = 113446,6 + 19699,95 = 133146,6 \text{ руб.}$$

7.2.4 Затраты на социальные нужды

Затраты на социальные нужды (отчисления) принимаются в размере 30 % от затрат на заработную плату:

$$K_{\text{с.о}} = 0,3 \cdot K_{\text{з.пл.}}, \text{ руб.}; \quad (6)$$

$$K_{\text{с.о}} = 0,3 \cdot 133146,6 = 40033,9 \text{ руб.}$$

7.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты принимаются в размере 10% от суммы материальных затрат, амортизации, затрат на заработную плату и затрат на социальные нужды:

$$K_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (K_{\text{мат}} + K_{\text{з.пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{ам}}), \text{ руб.}; \quad (7)$$

$$K_{\text{пр}} = 0,1(1500 + 133146,6 + 40033,9 + 958,9) = 17563,9 \text{ руб.}$$

7.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы – дополнительные к основным затратам расходы, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с

управлением, обслуживанием, содержанием и эксплуатацией оборудования. Накладные расходы принимаются в размере 200% от затрат на заработную плату:

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot K_{\text{з.пл.}}, \text{ руб.}; \quad (8)$$

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot 133146,6 = 266293,2 \text{ руб.}$$

Схема затрат на экспериментальное исследование работы сведена в таблицу 13.

$$K_{\text{эк.ис}} = 958,9 + 133146,6 + 40033,6 + 17563,9 + 1500 + 266293,2 = 459496,2, \text{ руб.}$$

Таблица 13 – Схема затрат на проект

Затраты	Стоимость, руб.
Материальные затраты	1500
Амортизация	958,9
Затраты на заработную плату	133146,6
Затраты на социальные нужды	40033,6
Прочие затраты	17563,9
Накладные расходы	266293,2
Итого	459496,2

7.3 Определение экономической эффективности

Стоимость АСУ процессами топливоприготовления и топливоподачи водогрейного котла зависит от затрат на основное и вспомогательное оборудование, затрат на проектирование, строительство, монтаж оборудования, затрат на электроэнергию.

АСУ ТП подготовки угля к сжиганию в кипящем слое в топке водогрейного котла КВм-2,5 с ТШП может быть двух вариантов. Первый включает в себя дробильную установку, ленточные конвейеры, сушильную установку, мельницу. Данная система должна обеспечить размер частиц на выходе 3–5 мм. Второй вариант подготовки угля к сжиганию включает дробилку, для получения угля более крупных фракций, чем в первом варианте. Далее топливо, не подвергаясь испарению влаги (сушильной установки) и минуя мельницу, подается в топку, где в результате протекания процесса диспергирования крупные частицы диспергируют на 2–3 частицы меньшего размера, около 2–4 мм.

В таблице 14 рассчитана стоимость основного оборудования автоматизированной системы управления для второго варианта подготовки угля к сжиганию.

Таблица 14 – Оборудование АСУ ТП подготовки угля более крупной фракции к сжиганию в топке

Оборудование	Количество	Стоимость за шт.
Дробилка угля ДС-1, «КрасПром»	1	90000 рублей
Ленточный транспортер (конвейер) с изменяемым углом наклона серии КЛН	3	115 000 рублей

Процесс диспергирования – сложный физический процесс, при котором реализуются явления, которые могут служить причиной механических эффектов при активации твердых топлив. Использование процесса диспергирования при сжигании угля позволяет существенно упростить процесс топливоприготовления, за счет использования более

крупных частиц угля и сжигания более влажного топлива. Топливо для данного процесса не требует сложной подготовки, размер частиц угля должен быть от 5 мм до 25 мм, что позволяет исключить измельчение топлива до пылевидного состояния. Удаление влаги из топлива при использовании данной технологии не требуется, так как способствует процессу диспергирования.

Уголь обладает невысокой твёрдостью, поэтому для крупного и среднего дробления подойдут как щековые так и валковые дробилки. Для более тонкого помола применяются молотковые мельницы: промышленные или комбинированные. Но при работе с углем следует соблюдать особую осторожность, так как он легковоспламеняем и взрывоопасен при тонком измельчении. В зависимости от типа дробильного оборудования процесс дробления может серьезно отличаться.

Для подготовки угля более крупной фракции была выбрана дробилка угля ДС-1 (рисунок 13) [26]. Позволяет обеспечить бесперебойную работу котла, выполняя функции подготовки угля: дробление и автоматическую сортировку на калиброванный уголь фракцией 5–25 мм (без примесей пыли) и штыб в автоматическом режиме.



Рисунок 13 – Внешний вид дробилки угля ДС-1

Классическое исполнение – УХЛ, категория размещения 2 по ГОСТ 15150 при температуре окружающей среды от -25 °С до +45 °С. К преимуществам данной модели дробильной установки относят: возможность установки даже на открытой площадке; не требует фундамента, работает тихо, без пыли, не требует вытяжки; система анти-заклинивания (останавливает работу установки при попадании твердой породы); реверс; ножки установлены из специально закаленной стали; может использоваться для дробления схожих по твердости материалов. Технические характеристики дробилки угля приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Технические характеристики дробилки угля ДС-1

Наименование параметра	Значение, ед. измерения
Производительность	0,5-1,0 тонн/час
Размер загружаемых кусков	не боле 250 мм
Фракция дробления	не более 30 мм
Частота вращения дробильного вала	54 об/мин
Мощность мотора-редуктора, питание	2,2 кВт, 380 В
Габаритные размеры (L*В*Н)	1200*720*1060 мм
Масса дробилки (с мотором-редуктором)	не более 130 кг
Размер отсеиваемых частиц при выводе дробленого угля	не более 6 мм

Ленточный конвейер (транспортёр) с изменяемым углом наклона серии КЛН (рисунок 14) предназначен для транспортировки твердого топлива объемным весом до 3500 кг/м³ по горизонтальным, наклонным и комбинированным трассам. Регулировка угла наклона осуществляется как механическим, так и гидравлическим способом. Для свободного перемещения возможна установка колес.

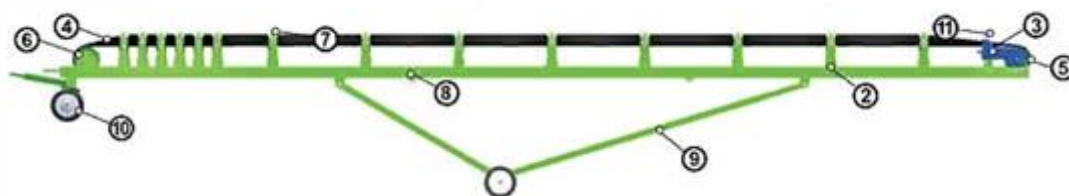


Рисунок 14 – Конструкция ленточного транспортера серии «КЛН»:

1 – опорная конструкция, 2 – рама конвейера, 3 – мотор-редуктора,
4 – транспортная лента, 5 – барабан приводной, 6 – барабан неприводной
натяжительный, 7 – роликоопоры плоские верхних несущих, 8 – роликоопоры
плоские нижних возвратных, 9 – опоры угловые, 10 – опоры вертикальные
(вертикальной поворотной при наличии колёс), 11 – ролики дефлекторные (при
желобчатом типе конвейера)

Затраты мощности электроэнергии на собственные нужды за один месяц для оборудования автоматизированной системы управления для второго варианта подготовки угля к сжиганию приведены в таблице 16. А также произведен расчет, с учетом, что стоимость электроэнергии за 1кВт·ч составляет 1,9 рублей, по данным тарифа в Томской области за 2018 год [24]. Затраты на амортизацию оборудования приведены в таблице 17.

Таблица 16 – Затраты мощности электроэнергии на собственные нужды

Оборудование	Коли- чество, шт.	Среднее число часов работы в сутках, ч	Расход эл. энергии, кВт·ч	Цена кВт·ч, руб.	Сумма, руб.
Дробилка угля ДС-1, «КрасПром»	1	18	21,6	1,9	738,7
Ленточный транспортер (конвейер) с изменяемым углом наклона серии КЛН	3	20	18		2052
Итого за месяц (30 дней)					83721

Таблица 17 – Затраты на амортизацию оборудование АСУ ТП подготовки угля более крупной фракции к сжиганию в топке

Оборудование	Количество, шт.	Стоимость за шт., руб.	Амортизационные отчисления, %	Амортизационные отчисления (за 1 месяц), руб.
Дробилка угля ДС-1, «КрасПром»	1	90000	15	1350
Ленточный транспортер (конвейер) с изменяемым углом наклона серии КЛН	3	115 000	15	5175

Расходы для подготовки угля к сжиганию с использованием процесса диспергирования по результатам таблиц 2, 3 и 4 за месяц составили: 90246 рублей.

В таблице 18 приведено оборудования для первого варианта АСУ ТП подготовки угля к сжиганию.

Таблица 18 – Оборудование АСУ ТП подготовки угля более крупной фракции к сжиганию в топке

Оборудование	Количество	Стоимость за шт.
Дробилка угля ДС-1, «КрасПром»	1	90000 рублей
Ленточный транспортер (конвейер) с изменяемым углом наклона серии КЛН	4	115000 рублей
Сушильная установка	1	21 000 рублей
Мельница молотковая тангенциальная	1	95000 рублей

Мельницы молотковые тангенциальные предназначены для тонкого помола и одновременной подсушки материалов средней прочности и мягких материалов.

Особыми преимуществами мельниц молотковых тангенциальных является возможность совмещения сушки и помола. Отличительной особенностью мельницы является интенсивная принудительная вентиляция в сочетании с повышенной окружной скоростью ротора, что дает высокое качество помола и хорошую сушку. Мельница состоит из корпуса с рамой, ротора, сепаратора, опорного и опорно-упорного подшипников, упругой втулочно-пальцевой муфты и электродвигателя. Материал подается в мельницу тангенциально. Размол производится за счет многократных ударов материала билами и о броню корпуса, а также путем истирания материала при движении в зазоре между броней корпуса и вращающимся ротором мельницы. Размолотый материал сушильно-вентилирующим агентом выносится из зоны размола в сепаратор, где крупные фракции отделяются и возвращаются на доизмельчение в мельницу. Готовый материал выносится из мельницы в пылевоздушном потоке в систему пылеосаждения.

Первое, на что нужно обратить внимание, выбирая горелки для водогрейного котла, – это их основные характеристики, заданные заводом-изготовителем. Сюда относятся мощность, тип и диапазон регулирования. Также важно учитывать топочную мощность конкретного котла. Горелка с автоматической подачей топлива типа TRIO изготавливается в диапазоне мощностью от 17 до 300 кВт. Предназначена для сжигания фракционного угля, угольной пыли (штыб), так же можно сжигать пеллеты с высокой эффективностью. Первичный воздух подается с воздушной камеры сквозь отверстия в венце (кольце), а вторичный через сопла над чашей. Сопла должны быть направлены в сторону пламени.

Сушильные барабаны, предназначены для сушки сыпучих материалов. Оборудование представляет собой сварной металлический цилиндр определённого диаметра и длины с установленной скоростью вращения. Сушка сырья происходит во внутренней полости барабана при заданном потоке разогретого, до определенной температуры, воздуха.

Сушильные барабаны используются в составе технологических линий в комплекте с источником тепла и устройствами загрузки выгрузки сырья. [27] Технические характеристики сушильного барабана представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Технические характеристики барабанной установки

Наименование параметра, ед. измерения	Значение
Наружный диаметр барабана, мм	1000
Длина барабана, мм	4000
Частота вращения барабана, об/мин	4,1-8,1
Потребляемая мощность привода, кВт, не более	4,5
Габаритные размеры, мм, не более (длина×ширина×высота)	5300×2280×2150
Производительность по испаренной влаге, кг/ч, не менее	130
Масса, кг, не более	1000

Затраты мощности электроэнергии на собственные нужды за один месяц для оборудования автоматизированной системы управления для первого варианта подготовки угля к сжиганию приведены в таблице 20. Затраты на амортизацию оборудования приведены в таблице 21.

Таблица 20 – Затраты мощности электроэнергии на собственные нужды

Оборудование	Количество, шт.	Среднее число часов работы в сутках, ч	Расход эл. энергии, кВт·ч	Цена кВт·ч, руб.	Сумма, руб.
Дробилка угля ДС-1, «КрасПром»	1	18	25,7	1,9	878,94
Ленточный транспортер (конвейер) с изменяемым углом наклона серии КЛН	3	20	18		2052
Мельница молотковая тангенциальная	1	18	9,6		328
Сушильные барабаны	1	18	8,7		297,54
Итого за месяц (30 дней)					106694

Таблица 21 – Затраты на амортизацию оборудование АСУ ТП подготовки угля более крупной фракции к сжиганию в топке

Оборудование	Количество, шт.	Стоимость за шт.	Амортизационные отчисления, %	Амортизационные отчисления (за 1 месяц), руб.
Дробилка угля ДС-1, «КрасПром»	1	90000 рублей	15	1350
Ленточный транспортер с изменяемым углом наклона серии КЛН	3	115000 рублей	15	5175
Мельница молотковая тангенциальная	1	95000 рублей	15	1425
Сушильная установка	1	10000	15	3150

Затраты мощности электроэнергии на собственные нужды за один месяц составили 106694 рублей, на амортизацию 11100 рублей. В таблице 22 приведены результаты расчетов для двух вариантов АСУ ТП подготовки угля к сжиганию в топке водогрейного котла КВм-2,5 с ТШП.

Таблица 22 – Результаты расчетов расходов для подготовки к сжиганию топлива для двух вариантов

Статья расходов	Первый вариант сжигания топлива, руб.	Второй вариант сжигание более крупной фракции, руб.	Экономическая эффективность при сжигании более крупных фракций топлива, %
Разовые затраты на оборудование	666000	435000	34,68
Амортизация за один месяц	6525	6525	41,22
Электроэнергия на собственные нужды	83721	83721	21,53
Общий расход за месяц/за год	117794/1413528	83727,5/1004658,5	28,92

При использовании процесса диспергирования в АСУ ТП подготовки угля к сжиганию в кипящем слое в топке водогрейного котла КВм-2,5 с ТШП, т.е. сжигании более крупных фракций угля, экономическая эффективность за счет затрат на оборудование составила 34 %, а экономия на амортизации составляет 41,22.

Ежегодная экономия от снижения амортизационных отчислений и уменьшении расхода электроэнергии на топливоприготовления составила 28,92 % (330576 руб.).

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ6Д	Ляховской Ольге Евгеньевне

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	Магистр	Направление подготовки	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования и области его применения	Тема работы «Автоматизированная система управления процессами топливоприготовления и топливоподачи водогрейного котла». Объектом исследования является тракт топливоприготовления водогрейного котла КВм-2,5. Возможные вредные факторы производственной среды: повышенный уровень шума, загазованность воздуха рабочей зоны, высокая температура поверхностей оборудования и др. Возможные опасные факторы: давление, электрический ток, пожаро- и взрывоопасность.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность.	<p>Вредные факторы: повышенный уровень шума; недостаточное освещение в вечернее и ночное время суток; неблагоприятный климат.</p> <p>Воздействие факторов на организм человека: полная или частичная потеря слуха; головные боли; возникновение простудных заболеваний; воспаление мышц и нервных окончаний; нарушение водно-электролитного обмена; тепловой удар.</p> <p>Допустимые нормы: на шум 99-74 дБ (согласно ГОСТ 12.1.003.83); на освещение не менее 50 лк (СНиП 23-05-95); при неблагоприятном климате ограничение на физические работы при температуре наружного воздуха менее минус 40 или более 50 без средств индивидуальной защиты (СанПиН 2.2.3.1384-03).</p> <p>Коллективные средства защиты: строительная бытовка; переносной навес.</p> <p>Средства индивидуальной защиты: каски строительные; перчатки прорезиненные; утеплённая спецодежда в холодное время года и проветриваемая в теплое время года; респираторы; пылезащитные очки.</p> <p>Механические опасности: машины и машинные механизмы (проблесковые огни и спикеры на технике, светоотражающие ленты на спецодежде); инструменты для подготовки труб к свариванию (монтажные перчатки). Термические опасности: сварочный аппарат (перчатки, спецодежда).</p> <p>Электробезопасность: использование проводников тока с удлинителями и розетками не ниже стандарта IP54; электрощит (изолирующий инструмент, диэлектрические</p>
-----------------------------------	--

	перчатки, изолирующие шланги и клещи); заземление корпуса строительной будки. Пожаровзрывобезопасность: искры от электро-оборудования или электро-систем (проверка оборудования, тестовый запуск системы, отдаление легко воспламеняемых материалов); возгорание техники, будки (огнетушители, коробки с песком).
2. Охрана окружающей среды.	Негативными воздействиями объекта на окружающую среду будут являться воздействия системы на атмосферный воздух (выбросы CO ₂). Для улучшения экологической обстановки будут разработаны по улучшению экологической обстановки на территории предприятия и в его окрестностях.
3. Защита в чрезвычайных ситуациях.	К возможным ЧС установки можно отнести: возгорание установки, разрушение установки. Наиболее типичной ЧС является возникновение пожара. Принимаемые меры по предупреждению аварии – своевременный контроль за состоянием оборудования и его техническое обслуживание. При возникновении ЧС срабатывает ряд автоматических защит и блокировок установки, при которых окружающая среда изолируется от факторов, опасных для здоровья человека.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	К таковым можно отнести: выявление, прогнозирование и предупреждение угроз; создание и поддержания сил и средств обеспечения безопасности систему мер по восстановлению нормального функционирования объектов безопасности.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	19.02.18
--	----------

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения контроля и диагностики	М.В. Василевский	к.т.н., доцент		19.02.18

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ6Д	Ляховская Ольга Евгеньевна		

9 Социальная ответственность

Введение

Соблюдение правил и норм по безопасности жизнедеятельности позволяет улучшить и облегчить условия труда, обеспечить широкие возможности для высокопроизводительной работы.

В данной квалификационной работе разрабатывается АСУ ТП топливоприготовления и топливоподачи водогрейного котла КВм-2,5 с ТШП. Отметим, что под социальной ответственностью понимается определенный уровень развития предприятия и добровольный отклик на социальные проблемы общества. Это означает соблюдение законодательно установленных норм и правил и осуществление деятельности сверх этих требований.

Рабочим местом является производственное помещение котельной. Так как данное помещение находится внутри производственного предприятия, на обслуживающий персонал возможны воздействия вредных и опасных факторов.

Вредные факторы: повышенный уровень шума, утечки токсичных и вредных веществ внутри производства, отклонение показателей микроклимата, недостаточная освещенность, загазованность воздуха рабочей зоны, высокая температура поверхностей оборудования и воздуха в рабочей зоне. Опасные факторы: давление, электрический ток, пожар.

9.1 Профессиональная социальная безопасность

9.1.1 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно влияющих на организм человека, а так же мешающих его работе и отдыху.

Шум оказывает влияние на весь организм человека. Повышение уровня до 40-70 дБ оказывает значительную нагрузку на нервную систему, с последующим ухудшением самочувствия, а при длительном воздействии может являться причиной неврозов. Воздействие шума с уровнем выше 75 дБ приводит к частичной или полной потере слуха – профессиональная тугоухость. Воздействие шума с уровнем выше 140 дБ на организм человека приводит к разрыву барабанных перепонки и летальному исходу ГОСТ 12.1.03-2014.

Высокий уровень шума проявляется из-за большого количества производственного оборудования в котельной. У персонала возможны появления головных болей, утомленности, а также при длительном воздействии шума происходит поражение органов слуха и нервной системы.

Уменьшение влияния данного фактора возможно путем:

- 1) гашение в источнике;
- 2) проведения акустической обработки котельной;
- 3) шумоизоляция и шумопоглощение;
- 4) создания дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;
- 5) средства индивидуальной защиты (наушники).

Так же возможны утечки токсичных веществ внутри котельной и в окружающую среду. Токсичным веществом в данном случае является углекислый газ, он может нанести отравляющие действия на персонал.

Простейшим средством снижения концентрации оксидов азота в помещении является осуществление рециркуляции дымовых газов. Также устранение данного фактора возможно путем установки дополнительных

вентиляторов в цехах. Снижение влияния данного фактора возможно при помощи своевременной проверки оборудования на наличие образований утечек, и их устранения, установки датчиков концентрации вредных веществ на всей территории котельной, и в случае утечек или аварий, слуховое и визуальное оповещение персонала.

9.1.2 Уровень освещенности рабочей зоны

Недостаточная освещенность может быть вызвана неправильным расположением ламп в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия персоналом технологического процесса, его утомления.

В целях уменьшения пульсации ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного фактора является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативным документом «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [29]. Коэффициент пульсаций освещенности на рабочих местах не должен превышать 20 %, а для некоторых видов производства – 15 %. В помещениях, оснащенных компьютерами, коэффициент пульсаций на рабочих местах должен быть не более 5 %.

9.1.3 Температура воздуха рабочей зоны

Повышенная температура поверхностей оборудования и воздуха рабочей зоны приводит к повышению температуры тела, особенно в летний период времени, следствием этого являются ухудшение самочувствия, возможны обмороки.

Для устранения источника тепловыделения можно заменить печной обогрев на электрический, заменить размеры теплоизлучающих поверхностей и др. За счет экранирования можно защититься от воздействия теплового излучения.

Тепловое облучения персонала, которое поступает от нагретого оборудования, осветительных приборов – при облучения 50 % и более поверхности тела не должно превышать 35 Вт/м^2 , при облучении от 25 % до 50 % – 70 Вт/м^2 , а при облучении до 25 % поверхности тела человека – 100 Вт/м^2 .

Оптимальные показатели температуры воздуха распространяются на всю рабочую зону, допустимые показатели устанавливаются для всех рабочих мест. В холодный период года колеблется от 16 до 24 °С, в теплый – от 18 до 25 °С. Оптимальная влажность воздуха 40 – 60 % устанавливается. Допустимая влажность воздуха устанавливается в зависимости от периода года и видов выполняемых работ.

Методом борьбы с отклонениями показателей микроклимата является сравнение норм данных показателей с СанПиН 2.2.4.548 – 96 [30] и доведения определенных параметров до нормированных условий. Это достигается при помощи терморегуляционных приборов, поддерживающих определенную температуру и влажность воздуха в каждом производственном помещении, а также утепления помещения искусственными наполнителями, для зимнего периода работы.

9.1.4 Анализ опасных производственных факторов и обоснования мероприятий по их устранению

Через помещение котельной проходит большое количество проводов, также находится большое количество электроприборов (станков, исполнительных механизмов и т.д.) работающих на высоких значениях напряжения и силы тока. Не правильная изоляция проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению персонала электрическим током или к возникновению возгораний.

Основными способами электрозащиты являются:

- 1) изоляция проводов и непрерывный контроль;
- 2) использование знаков безопасности и предупреждающих сигналов;
- 3) использование персоналом диэлектрических перчаток, инструментов с изолированными рукоятками для работы с электрооборудованием;
- 4) использование изоляционных дополнительных средств защиты.

Для исключения поражения людей электротоком различные электрические сборки, щиты необходимо закрывать на замок. Так же на дверях должны быть предупреждающие знаки и надписи.

При возникновении пожара в котельной необходимо немедленно вызвать пожарную команду и одновременно принять меры к его тушению.

Тушение пожаров, участие персонала в тушении пожаров включает следующие операции:

- 1) устранение причины пожара, и недопущения поступления в очаг пожара горючего вещества;
- 2) организация тушения пожара возможными средствами пожаротушения;
- 3) эвакуация из помещения лиц, не принимающих участие в тушении пожара или ведении технологического процесса;
- 4) принятие решения о последующей работе технологического оборудования.

В котельной применяется следующее оборудование по устранению пожара: песок, ящики с песком, которые устанавливаются на всех рабочих местах; пожарные краны, расположенные около каждого котла и около центрального входа; огнетушители.

9.2 Экологическая безопасность

Газ поступает в котельную по трубопроводам под давлением, поэтому очень высокие требования предъявляются к плотности газопроводов. Установлен специальный порядок подготовки и наполнения газопроводов газом. Предохранительные приспособления от взрыва газа (например, водяные сифоны, контрольные краны, свечи, продувочные линии и вентили и т. п.) должны быть в полном порядке. Учитывая взрывоопасность газа в смеси с воздухом, необходимо неуклонно выполнять правила техники безопасности. Кроме того, токсичность (ядовитость) газов предъявляет дополнительные требования к обслуживанию газового хозяйства.

Содержание золы, NO_x , CO в дымовых газах зависит от вида сжигаемого топлива и организации процесса горения. При работе котельной на природном газе содержание вредных веществ значительно меньше, чем при работе на твёрдом и жидком топливе.

Оксид углерода CO продукт неполного сгорания углеродистого топлива – газ без цвета и запаха. Он очень стабилен и имеет время жизни в атмосфере от 2 до 4 месяцев. С небольшой скоростью CO окисляется в CO_2 .

Среди других загрязнений атмосферы особое место занимает оксид азота. Концентрация NO_2 15 мг /м³ вызывает раздражение глаз. Концентрация 200-300 мг/м³ опасна даже при кратковременном вдыхании, так как окислы азота, попадая в легкие, сначала вызывают затруднение дыхания, а с повышением концентрации могут вызвать отёк лёгких, окислы азота встречаются в следующих соединениях.

Закись азота, бесцветный газ со слабым приятным запахом. В смеси с воздухом вызывает состояние наркотического опьянения, в медицине применяется в качестве общей анестезии.

Оксид азота, бесцветный газ, бурящий при соприкосновении с воздухом, вследствие окисления до NO_2 . Вредное воздействие на человека незначительно, благодаря низкой концентрации в атмосфере. Но он

предшествует образованию двуокиси азота и активно участвует в образовании фотохимического смога.

Загрязнение атмосферы NO_x является местной проблемой. В глобальном масштабе антропогенный выброс NO_x не вызывает тревоги, так как эти окислы являются частью азотного цикла в природе и в конечном счете возвращаются в землю в виде нитратов-удобрений, необходимых для органической жизни на земле.

Пока основным методом снижения количества окислов азота в дымовых газах котельных установок являются режимные мероприятия: рециркуляция дымовых газов в зону горения для снижения температуры факела; организация двухступенчатого сжигания топлива; увеличение времени пребывания продуктов сгорания в топочной камере.

Мероприятиями по охране атмосферы должно быть предусмотрено снижение концентрации вредных веществ в приземном слое путем рассеивания газов на определенной высоте с помощью дымовой трубы и введение режимов ограничения при неблагоприятных атмосферных условиях.

9.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Помещения топочной камеры и трубные магистрали – опасные места в котельной. Наиболее типичной ЧС на данном объекте является пожар или взрыв. В случае возникновения данной ЧС, требуется разработать профилактические мероприятия и осуществить контроль за их проведение.

По степени пожароопасности помещения производства парокотельного цеха относятся к категории «Г», согласно СП 12.13130.2009 [32]. Следовательно, появляется необходимость в дополнительном техническом обустройстве производства. Предохранительные и взрывные клапаны котла имеют отводы для удаления пароводяной смеси и взрывных газов при срабатывании клапанов за пределы рабочего помещения в места, безопасные для обслуживающего персонала, или должны быть ограждены отбойными щитами со стороны возможного нахождения людей.

9.4 Законодательное регулирование проектных решений

В целях общего поддержания безопасности на объекте создаются следующие мероприятия:

- 1) обеспечение защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия;
- 2) создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;
- 3) выявление угроз пожара и оповещение персонала;
- 4) подготовка персонала к действиям в условиях ЧС;
- 5) подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС.

Предприятие эксплуатируется и оборудуется согласно основными правовыми нормами:

- 1) ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
- 2) ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
- 3) ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92);
- 4) ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89);
- 5) ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
- 6) ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования;
- 7) ГОСТ 12.4.125–83. ССБТ. Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация;
- 8) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий;

9) СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

10) СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно–защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

Выводы по разделу

В работе рассмотрен тракт топливоподачи водогрейного котла, работающий на твердом топливе. Система автоматизированного управления позволит улучшить качество управления технологическим процессом, тем самым сократить риск аварийных и предаварийных ситуаций. Авария на производстве тепловой энергии и прилегающих к нему составляющих, может принести серьезный ущерб окружающей среде, что является недопустимым, так как каждое предприятие несёт корпоративную социальную ответственность и должно следить за экологической ситуацией не только на занимаемой территории, но и в своем районе, городе и в целом во всем мире.

Формирование у индивида социальной ответственности перед обществом и окружающей его средой обитания, а также необходимость выполнения всех возможных мероприятий, ведущих к улучшению условий окружающего мира, является основной задачей, которая представлена в данном разделе.

Подводя итог выполненной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

1) в работе рассмотрено понятие социальной ответственности предприятия (корпоративная социальная ответственность), что представляет собой данная тема;

2) определены задачи по улучшению и сохранению окружающей среды;

3) определена важность личной социальной ответственности каждого человека;

- 4) выявлены и рассмотрены вредные и опасные факторы, возникновение которых возможно на производстве;
- 5) выяснены методики и средства борьбы с перечисленными в разделе факторами;
- 6) описаны возможные чрезвычайные ситуации и меры по их предупреждению и оповещению.

Заключение

В выпускной квалификационной работе выполнена разработка АСУ ТП топливоприготовления и топливоподачи водогрейного котла на основе результатов исследования процесса диспергирования частиц твердого топлива в условиях интенсивного нагрева.

Для реализации системы АСУ ТП подготовки угля к сжиганию выполнена разработка:

- 1) структурной схемы;
- 2) функциональной схемы;
- 3) заказной спецификации приборов;
- 4) принципиальной электрической схемы (с перечнем элементов).

Комплект проектной и конструкторской документации удовлетворяет требованиям технического задания.

Установлены закономерности физических процессов, значения основных характеристик процесса диспергирования. Выявлены максимальные размеры частиц твердого топлива, при диспергировании которых образуется группа частиц с размерами, характерными для типичных водогрейных котлов.

При разработке автоматизированной системы управления процесса топливоподачи для сжигания в топке котла предусмотрено использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системой.

Процесс диспергирования угля при сжигании топлива позволит существенно упростить процесс топливоприготовления, в результате чего годовые затраты снизятся на 28,9 %.

Список использованных источников

1. В.И. Ческидов, Г.Д. Зайцев Проблемы переработки и комплексного использования углей месторождений Сибири // Физико-технические проблемы ископаемых, 2013. №6. – С.142-150.
2. Энергетическая стратегия развития России на период до 2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cpnt.ru/userfiles/files_normativ_energосafe_energostrategy.pdf – Загл. с экрана.
3. Г.Л. Куклина, В.П. Мязин, Т.П. Сверкунова, В.А. Метелев Комплексная геолого-технологическая переоценка качества ископаемых углей Восточного Забайкалья и перспективы их многоцелевого использования // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2014. №2. – С.321-330.
4. В.А. Бурчаков Маркетинговое сегментирование рынка угольной энергетики России // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. №1. – С.72-78.
5. Научно-технические основы и опыт эксплуатации плазменных систем воспламенения углей на ТЭС (безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела) / Карпенко Е.И., Жуков М.Ф., В.Е. Мессерле – Новосибирск: Наука, 2008. 137 с.
6. Семенец А.А. Безмазутная растопка котла // Сборник конференции БГТУ им. В.Г.Шухова, 2015. – С. 378-380.
7. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А., Алексеев С.Н. Исследование возможностей использования синтез-газа для стабилизации горения факела пылеугольных котлов // Вестник Чувашского университета, 2015. №3. С. 100-104.
8. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А. Анализ технологий газификации твердого топлива // Вестник Чувашского университета, 2010. №3. С. 194-205.

9. Дубровский В.А., Третьяк Н.В., Потылицын М.Ю., Черницкий М.Ю., Дектерев А.А Численное моделирование горелочных устройств с предварительной термической подготовкой потока угольной пыли в условиях ТЭС // Труды Академэнерго, 2012. №4. С. – 28-37.
10. Карпенко Е.И., Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Плазменные методы повышения эффективности использования твердых топлив // Вестник ВСГУТУ, 2014. №1. – С. 23-30.
11. Peregudov V.S. Optimization of the process of plasma ignition of coal // High temperature, 2009/ №2. – Р. – 181-186.
12. Пат. 2180075 Российская Федерация, МПК 7F 23D 1/00 А. Способ безмазутной растопки энергетического котла и подсветки пылеугольного факела и установка для его осуществления / Буянтуев С.Л., Цыдыпов Д.Б., Михайлов С.Ф., Педеин А.П., Легостаев С.М., Елисафенко А.В.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ПлазмотехБайкал". - №2180075; 27.02.2001.
13. Бурдуков А.П., Чернова Г.В, Чурашев В.Н., Коновалов В.В. Проблемы замещения мазута в теплоэнергетике. Новые технологии сжигания твердого топлива: их текущее состояние и использование в будущем: Всероссийский научно-технический семинар //М.:Изд. ВТИ, 2001.
14. Проект энергетической стратегии России на период до 2030 года. М.: Минэнерго России, 2008.
15. Physics of Combustion and Interior Ballistics / I.G. Assovskiy ; [Ed. by A.M. Lipanov]; Scmenov Institute of Chemical Physics Russian academy of sciences. - Moscow: Nauka, 2005. - 357 p.
16. Хренкова Т.М. Химические превращения углей при механическом диспергировании. – 1983. – 327 с.
17. Водогрейные котлы с кипящим и интенсивно продуваемым слоем топлива для сжигания низкосортных углей и биомассы - результаты десятилетнего опыта разработки и эксплуатации: проблемы и перспективы.

[Электронный ресурс]. – Режим доступа:
http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2556 – Загл. с экрана.

18. Угольный водогрейный котел КВр-0,63 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://saem.su/kotel_vodogreynyy_kv-0,63 – Загл. с экрана.

19. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Смирнова О.С. Топливо и теория горения. Часть 2 Теория горения. Учебное пособие. – СПбГТУРП, 2011. – 142 с.

20. Инновационная конструкция котла, патент №2150047 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bd.patent.su/2150000-2150999/pat/servlet/servlet7487.html> – Загл. с экрана.

21. НПП ЭЛЕМЕР. Каталог продукции 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elemer.ru/> свободный. – Загл. с экрана.

22. Каталог продукции Метран 2017. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/Pages/Home.aspx> свободный. – Загл. с экрана.

23. Радарные уровнемеры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.limaco.ru/ru/production/101/> свободный. – Загл. с экрана.

24. Департамент тарифного регулирования – Режим доступа: <http://rec.tomsk.gov.ru/> Загл. с экрана.

25. ООО «КрасПром». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://krasprom-stk.ru/> свободный. – Загл. с экрана.

26. Ленточный транспортер (конвейер) с изменяемым углом наклона серии КЛН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tomsk.tiu.ru/Konvejer-lentochnyj-transporter.html> свободный. – Загл. с экрана.

27. СеверПромИнвест. Сушильные барабаны. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://severprominvest.ru/sushilnye-barabany/?yclid=2568438494695530908> свободный. – Загл. с экрана.

28. ГОСТ 12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 19 с.

29. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003. – 11 с.
30. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003. – 21 с.
31. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003. – 17 с.
32. СП (своды правил) 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. – Режим доступа: <http://28.mchs.gov.ru/document/596152/> Загл. с экрана.
33. Б.В. Канторович Основы теории горения и газификации твердого топлива // М.: Изд-во Академии наук СССР, 1958. 601 с.
34. Новожилов Б.В. Нестационарное горение твердых ракетных топлив // М.: Наука, 1973. 176 с.
35. Вилюнов В.Н. Теория зажигания конденсированных веществ // Новосибирск: Наука, 1984. 190 с.
36. Гусаченко Л.К., Зарко В.Е., Зарьянов В.Я. Бобрышев В.П. Моделирование процессов горения твердых топлив // Новосибирск: Наука, 1985. 182 с.
37. Hanjalic K., Lekic A., Krol R. Sustainable Energy Technologies: Options and Prospects. Springer, 2008. 336 p.
38. Каталог продукции ОВЕН. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.owen.ru/catalog/> свободный. – Загл. с экрана.
39. Каталог продукции Силиум. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.siliumtech.com/preobrazovateli-chastoty-silium-seri/> свободный. – Загл. с экрана.

Приложение А

Analysis of fuel preparation and fuel delivery systems Description of the research methodology and experimental stand

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ6Д	Ляховская Ольга Евгеньевна		

Консультант Инженерной школы энергетики, И.Н. Бутакова:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Стрижак Павел Александрович	д.ф.-м.н., профессор		

Консультант – лингвист Отделения иностранных языков

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент Отделения иностранных языков	Исакова Юлия Ивановна	к.т.н.		

Introduction

Automated control system for fuel preparation and fuel supply of a hot water boiler. The purpose of this work is to develop an automated process control system for fuel preparation and fuel supply of a hot water boiler based on the results of a study of the process of dispersing solid fuel particles under conditions of intense heating.

Efforts to search for non-traditional sources of energy resources, with ever-increasing demand for energy, still leads to the most reliable fuel and energy components, fuel being the heat carriers in the energy sector in most countries of the world-coal [1]. In the energy strategy of Russia until 2020 [2], it is envisaged to increase the share of coal consumption in the energy sector, due to the introduction of coal-fired TPPs. At the same time, the share of coal should increase to 44.4% in the fuel consumption structure, but the mechanisms for implementing the program are not working well, as the process of substitution of coal with natural gas was launched over the last decades.

In the world, the share of coal generation is 40%, in Poland 96%, China 80%, USA 50%. In Russia, capable of providing the country's need for 5-6 centuries, at the moment the share of coal generation is only 18%. Coals of the Siberian deposits are various from brown to anthracite and in full branded composition [3].

Traditional methods of burning coal are characterized by a high level of high emissions of anthropogenic substances and do not allow increasing the efficiency. There is a need to burn and prepare solid fuel by alternative methods that ensure complete combustion of fuel with layer combustion in hot water boilers [4].

One solution to this problem is the burning of coals in the furnaces of a high-temperature boiling or intensively blown layer. This design allows the intensive circulation of fuel particles in the layer, which allows to lower the temperature of the flue gases behind the boiler and thereby increase the efficiency of the boiler. Dispersion processes, characteristic for heating for coals of high degree of

metamorphism, are a necessary operation for increasing the efficiency of the technological process. The initial fuel particles are dispersed into several particles of commensurate size. All this improves the ecological characteristics of the process.

Analysis of fuel preparation and fuel delivery systems

In modern boiler units and furnaces up to 50% of the heat released in the furnace is transferred to the heating surfaces by radiation. In furnace technology, the following main methods of burning solid fuel are commonly used: layer, flare (chamber), vortex and fluidized bed combustion. Each of these methods has its own peculiarities, concerning the basic principles of organization of aerodynamic processes taking place in the combustion chamber.

Dispersing of various solids is carried out in order to give them the required technological properties of changing physical parameters, increasing chemical activity. One of the possible ways to activate the coals is grinding. Coal dispersion processes are a necessary operation for increasing the efficiency of the technological process as a result of changing the properties of coals during dispersion [16].

When the problem [15] is formulated in the near-surface layer of solid fuel, a rectangular-shaped solution region is identified. It is assumed that coal is a structurally heterogeneous medium, the main components of which are mineral (not decomposable under high-temperature conditions) and organic parts. A fairly typical structure of an elementary (small in size) region consisting of five basic elements is considered. The upper, lower and lateral boundaries of the modeling area are the boundaries of rectangular elements of small thickness, which are impermeable fragments of the mineral part (for example, iron oxides). Within the area is the fifth element rectangular shape - the organic part of the fuel, decomposing when heated to high temperatures with the formation of gaseous and solid products of thermal decomposition. A physical model of the process of heat and mass transfer in such a "cell" of solid fuel is formulated in conditions of intensive heat supply. When the temperature of the beginning of the thermal decomposition of the organic part of the solid fuel reaches its pyrolysis, the rate of which exponentially depends on the temperature. Gaseous products of thermal decomposition accumulate in the porous structure of the "cell" of solid fuel under

consideration, the pores are formed unevenly throughout the organic part of the fuel. As the distance from the heating surface decreases, the porosity decreases. As a result of an intensive gas supply in a closed volume, bounded by an impenetrable mineral part, the intra-steam pressure increases. On the "cell" element of solid fuel separating the external (combustion) medium and the porous part of the solid fuel, the stresses caused by the pressure drop act. If these stresses exceed the ultimate strength of solid fuel at an appropriate temperature, a single fragment of the near-surface fuel layer breaks down - dispersion.

The author [17] carried out a study of the influence of mechanical influences in the dispersion of chemical transformations of organic substances of coals, mechanoemission phenomena accompanied by the destruction of coals were found. The influence of the medium and the grinding time on the physicochemical properties of dispersed coals was studied. Mechanochemical modification of coals is one of the ways of directional change in their structure and properties, the production of new products with increased reactivity and can find application in the technology of coal processing.

In [18], a design for burning fuel in a high-temperature fluidized bed of a furnace is proposed, which increases the efficiency of the boiler. Due to the intensive circulation of fuel particles, the localized flowing zones are eliminated in the fluidized bed, resulting in a decrease in entrainment from the fuel layer. The temperature of the flue gases behind the boiler decreases, because The boiler is three-way in the course of the flue gases, thereby increasing the efficiency of the boiler.

Krasnoyarsk Polytechnic Institute together with TETS-1 patented the method of ignition of a dust-air mixture. To improve the efficiency of ignition and stabilize the combustion process, a new design of the igniter was developed [6], resulting in a multistage ignition of coal dust. A low-power electric scoop was installed inside the pipeline (diameter 219 mm), leading the dust-air mixture to the pre-furnace (Figure 1).

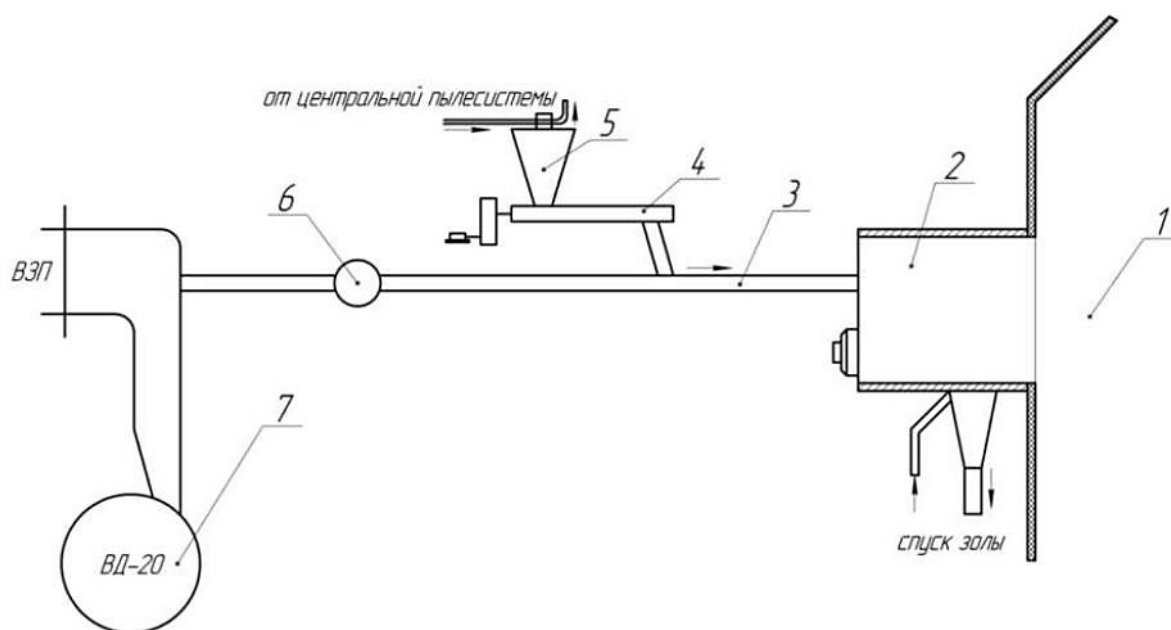


Figure 1 - Diagram of the electric firing system of boilers of Krasnoyarsk CHP-1:
 1 - furnace chamber of the boiler; 2 - muffle pre-furnace; 3 - the dust line; 4 - coal dust feeder; 5 - dust bin; 6 - blowing fan; 7 - high-pressure fan

The design of the ignitor is made of two tubes of high-alloy steel, to reduce the cooling effect of the ignitor with a cold dust-air flow. The first stage is the sparking in the tubes of the electric heater, the second stage is the partial ignition of the fuel at the end of the protective tube of the ignitor (the flame tongue was formed), the third stage is the ignition of the dust-air mixture in the pre-furnace and the partial combustion and gasification of the fuel in it and the fourth stage is complete combustion of fuel in the combustion chamber of the boiler.

The results of numerical modeling of burner devices with preliminary thermal preparation of a coal dust stream in conditions of thermal power stations for burning brown coals of the Kansk-Achinsk basin are known [9]. Numerical simulation of the muffle part of the burner device is carried out in order to clarify the design and determine the required operating modes of the object under study.

The authors of [7] consider the possibilities of using the synthesis gas produced by electrothermal gasification for the oil-free lighting of the flare of

pulverized-coal boilers, which allows improving the economic and ecological characteristics of the boiler units. Electrothermal gasifiers can operate continuously for several months, which is an advantage over plasma illumination [8].

In [10], the necessity of developing new technologies for fuel use is justified. One of the promising technologies is plasma ignition [10-11, 19] and coal combustion, which allows the transfer of expensive liquid fuels to cheaper coal. The authors of [10] talk about testing this technology at TPPs of different countries, such as: Russia, Kazakhstan, China, Ukraine, Mongolia, Korea, Slovakia Serbia. The theoretical methods of plasma ignition, thermochemical preparation, combustion and gasification of coals are presented in the article.

In [11], the results of experimental and calculated studies of plasma ignition of coal based on its thermochemical preparation as applied to the processes of heating the boiler and stabilizing the combustion of the flame are presented. The conditions for plasma ignition of a low-reaction high-ash anthracite depending on the concentration of coal in the air mixture and its velocity are determined on the created stand with a burner of commercial scale. On the basis of calculations, an important equation for determining the energy consumption for plasma ignition of coal, depending on the main technological parameters of the process, is obtained in practical applications. The tests have revealed the difficulties that arise when the boiler is burned with the direct supply of coal dust from the mill to the furnace. The authors proposed a scheme that allows reducing energy consumption for igniting coal and increasing the reliability of the process of kindling such a boiler. The results of calculating the plasma thermochemical preparation of coal at a reduced concentration of oxygen in the air mixture are presented.

The invention of firing a power boiler with coal was made by a group of scientists [12]. It consists in the separation of a part of the air mixture from the total flow, its heat treatment and subsequent mixing of the products of this process with the rest of the air mixture in the combustion chamber, which allows to improve the ignition and burning out of the fuel, and to reduce the mechanical underfire. The task is solved by adding to the installation a new structural element,

namely the inner pipe inside which the fuel is prepared for heat, with a device for regulating the ratio of the parts of the air mixture to the internal pipe for heat treatment, and the air mixture flowing around the inner tube from the outside.

A variant of a coal-fired boiler-free system for the non-oil firing of a pulverized-coal boiler is the organization of incineration in the ignition-illumination burners of coal dust of very fine grinding obtained either in special coal mills of low productivity or by separating a fine fraction from the usual grinding dust. Such solutions are already applied in the practice of foreign countries, they allow to significantly reduce the thermal power of used electric ignitors (plasmatrons, glow plugs, etc.).

At present, plasma fire-firing systems of boilers are being introduced in the heat power industry, where arc plasma generators (plasmatrons), consuming electricity in an amount of no more than 5 percent of the boiler consumed for firing, perform the initial warming up of the refractory of the muffle burner burner, in which the ignition and partial combustion of coal standard grinding dust. Due to the combustion of coal dust in the muffle, with its rational design, a temperature is maintained that is high enough to ensure continuous initiation of coal combustion even with a reduction in the energy consumption of the plasma torch. Such systems [5] have proved quite positive in their operation in a number of domestic and foreign power plants and their unconditional economy compared to the traditional fuel oil ignition is not affected by doubt.

In [14], the authors consider unfavorable factors, when the system of plasma ignition and the stabilization of combustion of coal fuel operate. To solve this problem, new plasma technologies for ignition and illumination of pulverized-coal fuel are being developed, but they negatively affect the negative impact of these factors on the environment. When using the method of plasma ignition and illumination, pairs, aerosols of complex chemical composition, toxic gases and suspended particles that penetrate deeply into the respiratory tract are released, as they have a high degree of dispersion.

Description of the research methodology and experimental stand

When carrying out experimental studies of the intensification of the ignition of a solid fuel and its combustion due to the physical effect of dispersing particles, the stand shown in Fig. 5 was used. The technical parameters of the equipment are given in Table 3.

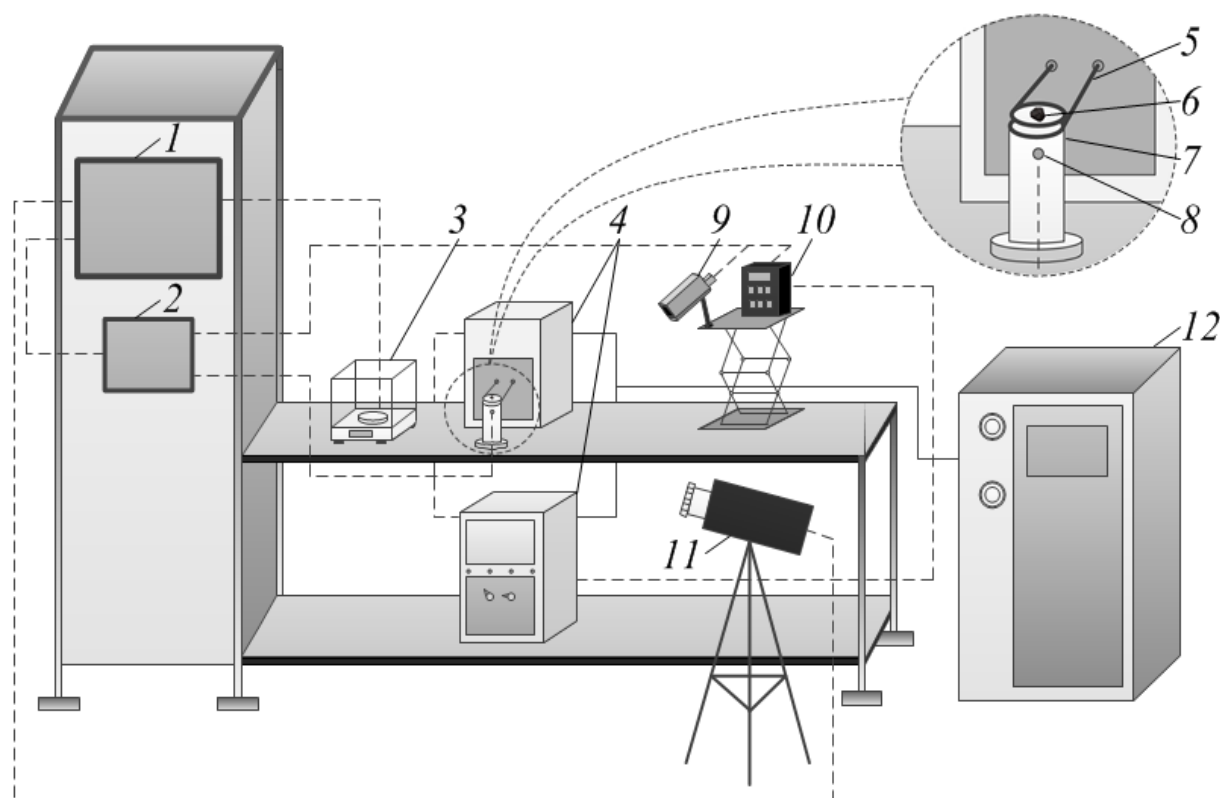


Figure 5 - The scheme of the experimental stand

When studying physicochemical processes during heating of coal particles, the temperature of the source was measured by a thermoelectric converter 8 and an infrared pyrometer 9. The temperature control at the required level was provided by the regulator 10. The latter generated the corresponding algorithm for the operation of the induction heater 4. A base of a metal cylinder 7, with a constant temperature, diameter 25 mm, height 50 mm, mounted on a plate of heat-resistant material.

Table 3 - Technical parameters of equipment

Induction heater VCH-15	Power consumption 15 kVA, operating frequency range 30-100 kHz, maximum current 22.5 A, efficiency 90%.
Thermoelectric Converter	The nominal static characteristic is chromel-alumel, the range of measured temperatures is 0-1100 °C, the measurement error ± 3.3 °C.
Infrared pyrometer	The range of measured temperatures is 200-1500 °C, the measurement error is 1%, the resolution is 1 °C, the sighting index is 1: 100, the emissivity setting range is 0.01-1.0, the spectral range is 8-14 μm , the RS-232 interface.
Regulator	The range of adjustable temperatures is -40-2200 °C, resolution 1 °C, interface RS-232.
Chiller	The nominal cooling capacity is 2.8 kW, the rated air capacity is 1000 m ³ /h, the temperature in the water circuit is 5-35 °C.
Camcorder Phantom v411	Maximum shooting speed 600 000 cps, full resolution 1280x800, sensor pixel size 20 mkm, sensor size 25.6x16.0 mm, color depth 12 bit, minimum exposure time of electronic shutter 1 us, internal memory 16 GB.
Multichannel Recorder Elemer PMT59	12 channels of analog input, 2 GB permanent memory, measurement range for thermoelectric thermal converters with a nominal static characteristic of chromel-alumel of 220-1570 °C, measurement error $\pm 0.25\%$, RS-232 interface.

The heating of the metal cylinder was carried out using an induction heater 4. One of the bases of the cylinder 7 was located in the vicinity of the spiral 5. The spiral is a copper hollow tube. As a result of the action of the alternating magnetic field induced by the spiral 5, the material of the cylinder 7 is heated due to the Foucault currents. For water cooling of the power elements of the induction heater, including the helix 5, a chiller 12 was used.

The video registration of the investigated processes during the induction period was carried out by a high-speed video camera Phantom v411 11. The video images and temperature trends were recorded on the panel computer 1 and the multichannel recorder 2, respectively.

Results of experiments

As objects of research, three types of coal are considered: stone, anthracite, brown. Table 4 shows the mean values of the ignition delay τ_d at a temperature of $t = 900^\circ\text{C}$. One can distinguish the differences τ_d for coals of different grades with three characteristic particle sizes: 2 mm, 4 mm, 6 mm. The dependencies (Figure 6) illustrate that the least mean ignition delay time for brown coal. This is due to the lower values of the characteristic ignition temperatures, as well as the heat of combustion of brown coal in comparison with stone and anthracites. The delayed ignition timing of the examined coal shown in Fig. 6 shows the long ignition times of anthracite particles in comparison with particles of stone and brown coals under identical heat exchange conditions. This result is in good agreement with the main conclusions [33-37] on the characteristics of burning the corresponding grades of coals. The high content of gaseous (volatile) component in the composition of the combustible mass of coal determines its high reactivity, i.e. ignition occurs at lower temperatures.

Table 4 - Average time delay of ignition of particles of brown coal, hard coal and anthracite when interacting with a surface heated to $t = 900^\circ\text{C}$

Particle size	Coal	Brown coal	Anthracite
2 mm	1,182 s	0,175 s	1,369 s
4 mm	1,563 s	0,248 s	1,696 s
6 mm	2,118 s	0,381 s	1, 881 s

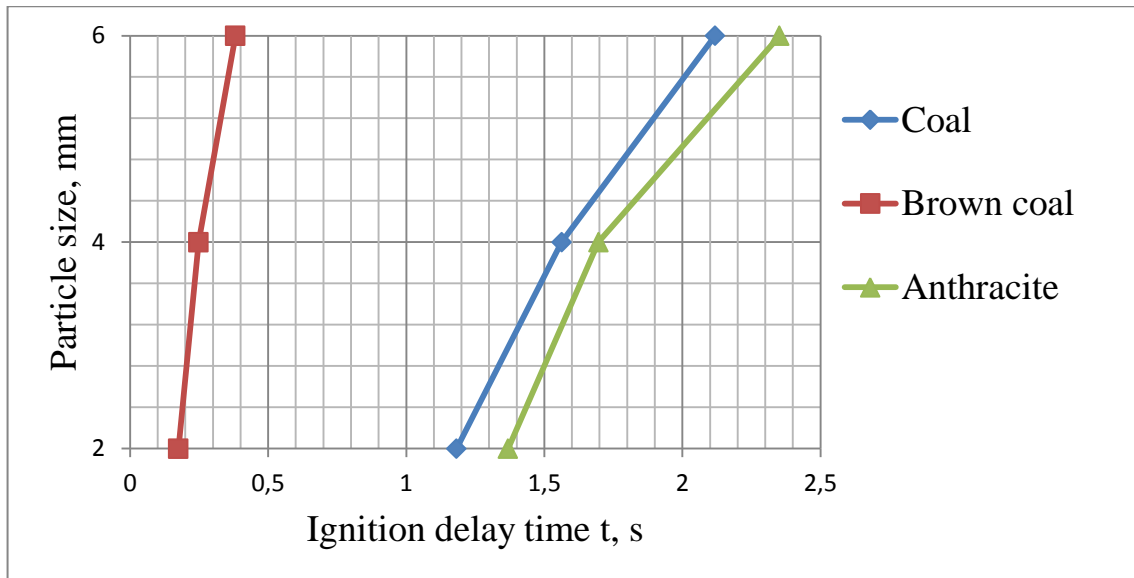


Figure 6 - Timing of the delay of ignition of particles of brown coal, hard coal and anthracite when interacting with a surface heated to $t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$, for particles 2 mm, 4 mm, 6 mm in size

When igniting solid fuel for all types of coals, the following stages were observed: inert heating of the coal particle, ignition and burning of volatiles, burning out of volatiles. For anthracite and hard coal, the process of dispersing a coarse particle into several fine particles is clearly visible. Experiments have shown that during the combustion of brown coal the dispersion process did not occur. The video frame for the implementation of the particle ignition mode is shown in Figures 7,8. The moisture content in the coal is the same important characteristic as the volatile content, the heat of combustion, since it has a significant effect on the ignition and burning of the fuel. The coal particles are dispersed into several coal particles as a result of the reaction of water vapor and carbon (Figure 9).

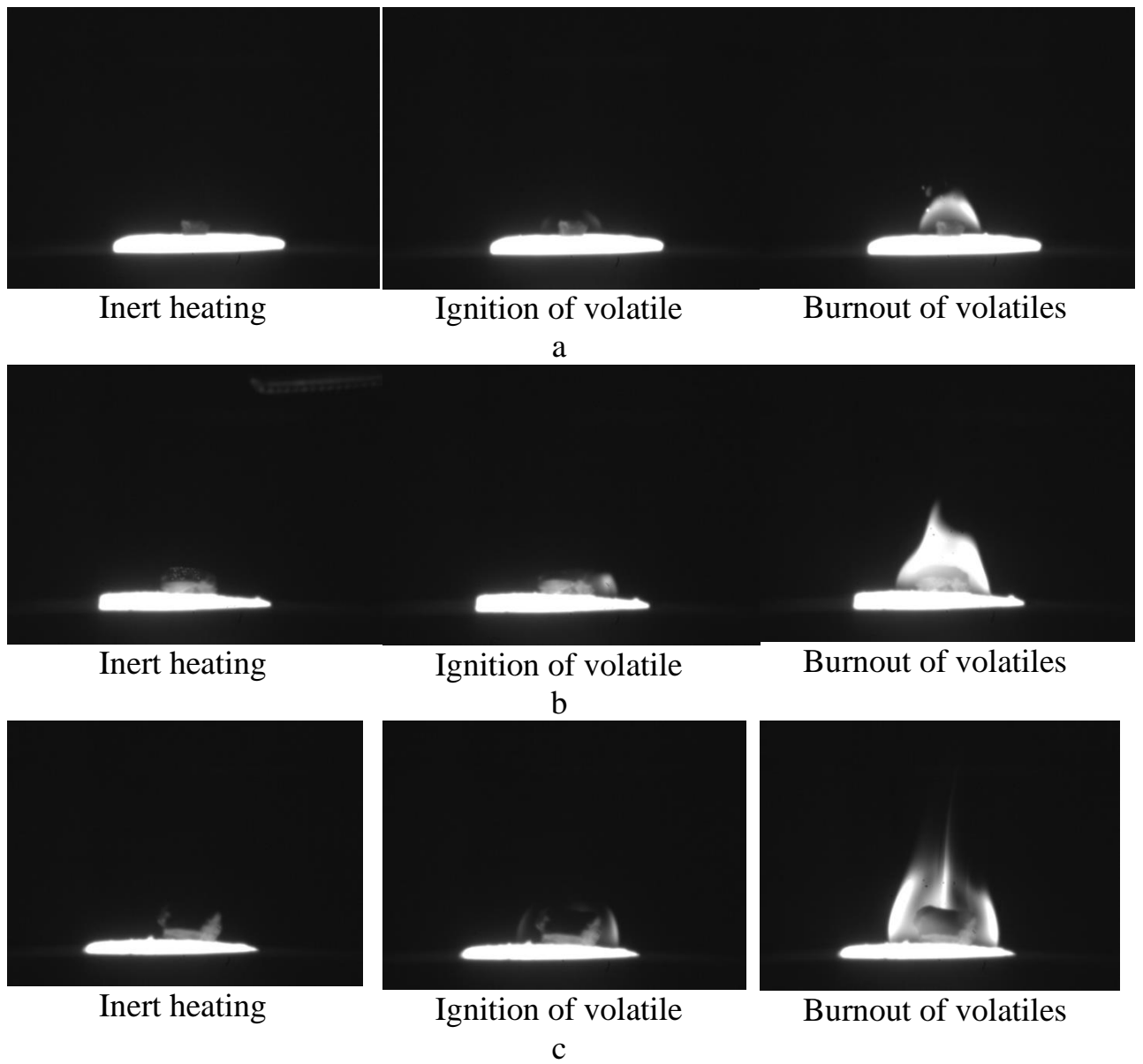


Figure 7 - Frames of the video during the implementation of the ignition mode of brown coal particles at $t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$: a - particle size 2 mm, b - particle size 4 mm, c - particle size 6 mm

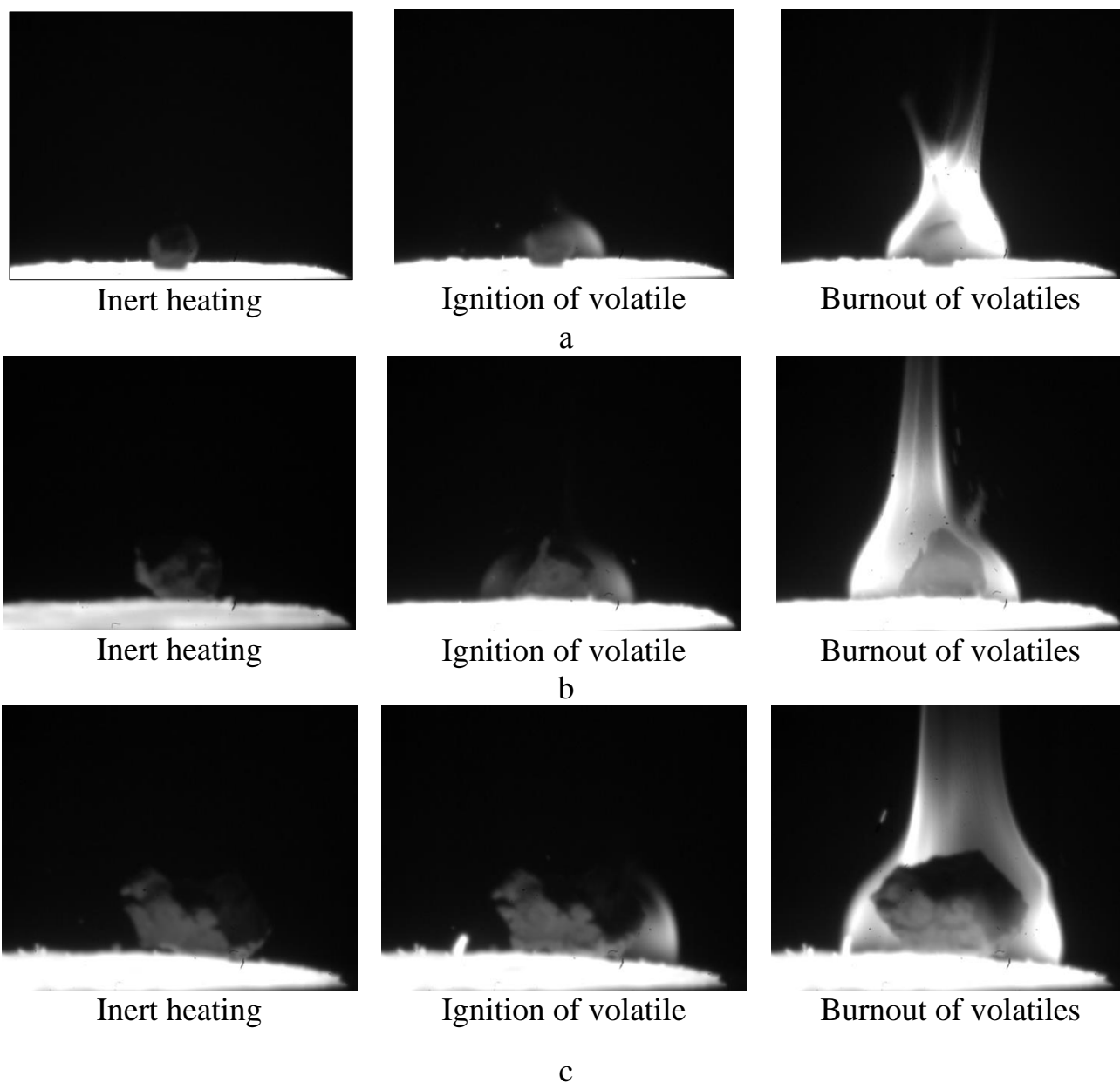


Figure 8 - Frames of the video during the ignition of coal particles at $t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$:

a - particle size 2 mm, b - particle size 4 mm, c - particle size 6 mm

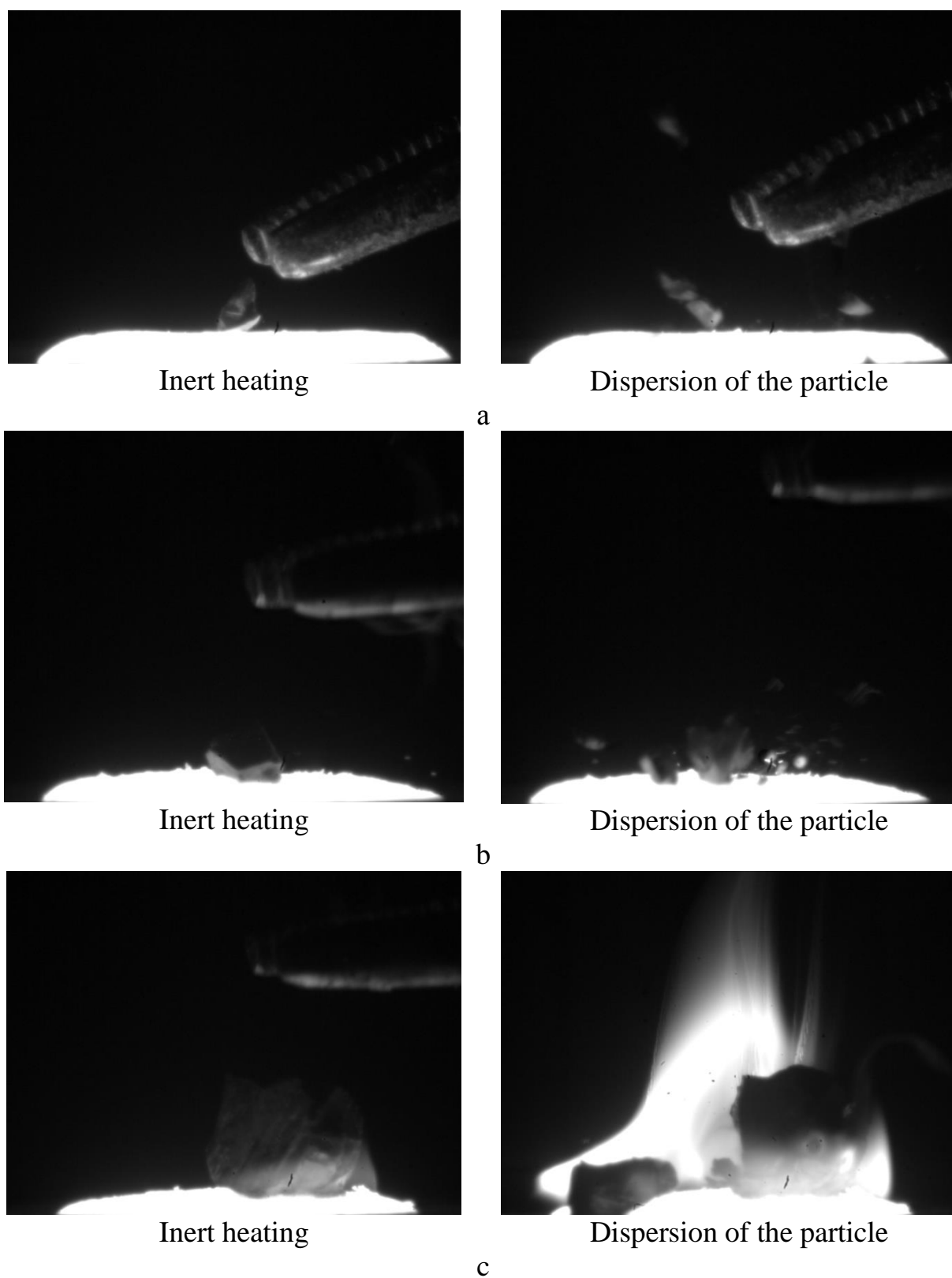


Figure 9 - Video frame for the implementation of the mode of ignition of anthracite particles and its dispersion at $t = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$: a - particle size 2 mm, b - particle size 4 mm, c - particle size 6 mm

When the particles of brown coals are burned, the dispersion effect does not occur. This is explained by the density of coal. Brown coal has a porous structure, during combustion, volatile substances and vapors have a free exit from the particle. Particles of coal are poorly dispersed, since they have an average density. Volatile substances and water vapor can not always find an outlet through the pores of a particle, so as a result only a few small particles are broken off. At high temperatures, the pressure in the anthracite particles increases, volatiles and vapors do not exit through the pores of the particle, since the anthracite has a high density. As a result of the process of dispersion, the coal particle is divided into 2-3 parts.

As a result of the experimental studies of the physical and chemical process occurring during the interaction of single particles with a heated surface, ignition modes (inert heating, ignition of volatiles, burning out of volatiles), ignition delay time, and the conditions for the dispersion of coal particles are determined. During the dispersing process, the vapor pressure rises, and the particle breaks down. As a result, a particle of coal of large size 5-6 mm is crushed to particles of 2-3 mm in size. The process of dispersion occurs at a temperature of 900 °C and is possible for anthracite and coal.

One of the results of the study is the ability to predict and prevent unregulated coal fires, as well as optimization of the processes of initiation of combustion of coal fuel. The process of coal fuel dispersion will make it possible to substantially simplify the process of fuel preparation and fuel supply in the boiler room, and also to increase the efficiency of fuel combustion. Due to the dispersion effect, it is possible to substantially reduce the cost of fuel preparation, so the energy costs for own needs, depreciation, equipment costs and maintenance costs will be reduced.

Conclusion

In the final qualifying work, the development of the automated process control system for fuel preparation and fuel supply of a hot-water boiler was made on the basis of the results of a study of the process of dispersing solid-fuel particles under conditions of intense heating.

For the implementation of the automated process control system for the preparation of coal for combustion, the following was developed:

- 1) the structural scheme;
- 2) the functional diagram;
- 3) a custom-made instrument specification;
- 4) the principal electrical circuit (with a list of elements).

The set of design and design documentation meets the requirements specification.

The regularities of physical processes, the values of the main characteristics of the dispersion process are established. The maximum particle sizes of solid fuels have been determined, with the dispersion of which a group of particles with sizes typical for typical hot water boilers is formed.

When developing an automated control system for the fuel supply process for combustion in a boiler furnace, it is envisaged to use modern microprocessor-based automation equipment to implement the functions of automatic parameter monitoring and system control.

The process of coal dispersion during fuel combustion will significantly simplify the fuel preparation process, as a result of which annual costs will decrease by 28.9%.

References

1. V.I. Cheskidov, G.D. Zaitsev Problems of processing and complex use of coals of deposits of Siberia // Physical and technical problems of fossils, 2013. №6. - P.142-150.
2. Energy strategy of Russia's development for the period until 2020 [Electronic resource]. - Access mode: http://www.cpnt.ru/userfiles/_files_normativ_energosafer_energostrategy.pdf - Зажл. from the screen.
3. G.L. Kuklin, V.P. Myazin, TP, Sverkunova, V.A. Metelev Integrated geological and technological reassessment of the quality of fossil coals of the Eastern Transbaikalian and prospects for their multi-purpose use // Mining Information Analytical Bulletin, 2014. №2. - P.321-330.
4. V.A. Burchakov. Marketing Segmentation of the Russian Coal Energy Market // Mining Information and Analytical Bulletin, 2011. №1. - P.72-78.
5. Scientific and technical fundamentals and experience in the operation of plasma ignition systems for coal at TPPs (oil-free ignition of boilers and stabilization of combustion of a pulverized coal flare) / EI Karpenko, MF Zhukov, V.E. Messerle - Novosibirsk: Science, 2008. 137 c.
6. Semenets A.A. Bezmazutnaya ignition of the boiler // Conference Collection BSTU. VG Shukhov, 2015. - P. 378-380.
7. Afanasyev VV, Kovalev VG, Tarasov VA, Alekseev SN Investigation of the possibilities of using synthesis gas to stabilize the combustion of a flare of pulverized-coal boilers // Bulletin of the Chuvash University, 2015. №3. Pp. 100-104.
8. Afanasyev VV, Kovalev VG, Tarasov V.A. Analysis of gasification technologies for solid fuels // Bulletin of the Chuvash University, 2010. №3. Pp. 194-205.
9. Dubrovsky VA, Tretyak NV, Potylitsyn M.Yu., Chernitsky M.Yu., Dekterev AA Numerical modeling of burner devices with preliminary thermal

preparation of a coal dust stream in TPP conditions // Proceedings of Akademenergo, 2012 . № 4. S. - 28-37.

10. Karpenko EI, Messerle VE, Ustimenko AB Plasma methods of increasing the efficiency of solid fuels use // Vestnik SAGUTU, 2014. №1. - P. 23-30.

11. Peregudov V.S. Optimization of the process of plasma ignition of coal. - P. - 181-186.

12. Pat. 2180075 Russian Federation, IPC 7F 23D 1/00 A. A method for oil-free firing of an energy boiler and lighting for a pulverized-coal torch and an installation for its implementation / Buyantuyev SL, Tsydipov DB, Mikhailov SF, Pedeen AP , Legostaev SM, Elisafenko AV; the applicant and the patent owner of the Limited Liability Company Plasmotech Baikal. - №2180075; 27.02.2001.

13. Burdukov AP, Chernova G.V., Churashev V.N., Konovalov V.V. Problems of substitution of fuel oil in heat power engineering. New technologies of solid fuel combustion: their current state and future use: All-Russian Scientific and Technical Seminar // М.:Изд. VTI, 2001.

14. Draft energy strategy of Russia for the period until 2030. Moscow: Ministry of Energy of Russia, 2008.

15. Physics of Combustion and Interior Ballistics / I.G. Assovskiy; [Ed. by A.M. Lipanov]; Scmenov Institute of Chemical Physics Russian academy of sciences. - Moscow: Nauka, 2005. - 357 p.

16. Khrenkova TM Chemical transformations of coals in mechanical dispersion. - 1983. - 327 p.

17. Hot-water boilers with a boiling and intensively blown layer of fuel for burning low-grade coals and biomass - the results of a decade of experience in development and operation: problems and prospects. [Electronic resource]. - Access mode: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2556 - Закл. from the screen.

18. Coal hot water boiler KBp-0,63 [Electronic resource]. - Access mode: http://saem.su/kotel_vodogreynyy_kv-0.63 - After from the screen.

19. Belousov VN, Smorodin SN, Smirnova O.S. Fuel and the theory of combustion. Part 2 Theory of combustion. Tutorial. - SPbGTURP, 2011. - 142 p.

Приложение Б
(обязательное)

Заказная спецификация приборов и средств автоматизации

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации, завод - изготовитель			Тип и марка прибора	Кол-во, шт
1	2			3	4
1а 825 °С	Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ 100М, монтажная длина 500 мм, диапазон измеряемых температур -50...1300 °С, выходной сигнал 4...20 мА, класс точности 0,15. НПП «Элемер», г. Зеленоград.			ТПУ 0304/М1 ХА (К)	1
2а 160 °С	Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, НСХ 100П, монтажная длина 160мм, класс допуска А. Количество чувствительных элементов 1. ПГ «Метран», г. Челябинск.			Метран–2700–100П	1
3а 110 °С	Преобразователь термоэлектрический, погружаемый, НСХ L (ХА), длина монтажной части 800 мм, класс допуска 1, количество чувствительных элементов 1. ПГ "Метран", г. Челябинск.			ТХА Метран–241–01	1
4а, 5а 40 °С	Термопреобразователь сопротивления, погружаемый, выходной сигнал 4 – 20 мА, -50 – 200С, монтажная длина 500 мм, НСХ 50М, класс допуска В. ПГ «Метран», г. Челябинск.			ТСМ Метран–253–01–500–2–1	2
6а, 7а 0,6 МПа	Преобразователь избыточного давления, 4 кПа...1,0 МПа, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности ±0,5 %, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск.			Метран –55–ЛМК35 –1153–0,5–1,0 МПа –4...20 мА	2
				ФЮРА.421000.004 С01	
Выполнил	Ляховская О.Е.			Спецификация приборов и средств автоматизации	Стад
Проверил	Глушков Д.О.				Лист
					Лист ов
					1
					3
				ТПУ ИШЭ Группа 5БМ6Д	

1	2	3	4
8а 0,65 МПа	Преобразователь избыточного давления, 4 кПа...1,0 МПа, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск.	Метран-55-ЛМК35-1153-0,5-1,0 МПа-4...20 мА	1
9а 0,7 МПа	Преобразователь избыточного давления, 4 кПа...1,0 МПа, аналоговый, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», г. Челябинск.	Метран -55-ЛМК35-1153-0,5-1,0 МПа-4...20 мА	1
10а 84000 м ³ /ч	Сопло камерное сварное, условное давление 320 МПа, условный диаметр 225 мм. Таганрогский котельный завод.	СКС-320-225	1
9б	Сосуд уравнительный, условное давление 320 МПа. ПГ «Метран», г. Челябинск.	СУ-320-Б	1
9в	Преобразователь дифференциального давления, предел допускаемой основной погрешности $\pm 0,15$ %, верхний предел измерений 4 МПа, предельно-допускаемое рабочее избыточное давление 16 МПа, выходной сигнал 4...20 мА, взрывобезопасное исполнение. НПП «Элемер», г Зеленоград.	Элемер-100ДД -03-0,5 %-630 кПа-25 МПа-4...20мА	1
11а, 12а 88,6 м ³ /час	Диафрагма камерная, условное давление 320 МПа, условный диаметр 225 мм. Таганрогский котельный завод.	ДКС-320-225	2
11б, 12б	Сосуд уравнительный, условное давление 320 МПа. ПГ «Метран», г. Челябинск.	СУ-320-Б	2
<i>ФЮРА.421000.004 C01</i>			Лист
			2

1	2	3	4
11в, 12в	Преобразователь разности давлений, предел допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,5\%$, верхний предел измерений 630 кПа, рабочее избыточное давление 40 МПа, выходной сигнал 4...20 мА. ПГ «Метран», город Челябинск.	Метран-350-095-MV-УХЛ 3.1-25 МПа-4...20мА	2
13а	Сигнализатор уровня, сигнализирующий, выходной сигнал 4...20 мА, класс точности 1. Верхний предел измерений 10 м. АО «Лимако», г.Тула.	УЛМ-31А1	1
14а	Сигнализатор уровня, сигнализирующий, выходной сигнал 4...20 мА, класс точности 1. верхний предел измерений 30 м. АО «Лимако», г.Тула.	УЛМ-11	1
15а 5,4 % О ₂	Газоанализатор объемной доли кислорода в уходящих газах, стационарный, (0-21) % об, предел допускаемой основной погрешности $\pm 4\%$. ЗАО НПП «Электронстандарт», г. Санкт-Петербург.	АКВТ-01	1
17а, 29а 0...100 %	Преобразователь частоты ПЧВЗ, трехфазный вход 220 В (0,25...11 кВт), класс защиты корпуса IP54. «Овен», г. Москва.	ОВЕН ПЧВЗ	2
	Программируемый логический контроллер Simatic S7-200:	6ES7 332-1BH01-0AA0	1
	1) Блок питания SITOP Power E24/3.5	6ES7 214-1BD23-0XB0	1
	2) Центральный процессор CPU 224	6ES7 231-0BH02-0AA0	4
	3) Модуль ввода-вывода аналоговых сигналов EM 231 8A1	6ES7 223-1BM22-0XA0	3
	4) Модуль ввода-вывода дискретных сигналов EM 223 32DI	6ES7 243-1EX0-0XE0	1
	Коммуникационный процессор CP 243-1		
<i>ФЮРА.421000.004 C01</i>			Лист
			3

**ПРИЛОЖЕНИЕ В Перечень элементов принципиальной электрической
схемы соединений**